

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ПЕРВЫЙ МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
И. М. СЕЧЕНОВА МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (СЕЧЕНОВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

На правах рукописи



Вязанкин Иван Антонович

**Унилатеральная транспедикулярная фиксация в лечении
дегенеративно-дистрофических заболеваний
пояснично-крестцового отдела позвоночника**

3.1.8. Травматология и ортопедия

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук, профессор
Черепанов Вадим Геннадьевич

Москва - 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ЛЕЧЕНИЕ ДЕГЕНЕРАТИВНО-ДИСТРОФИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПОЯСНИЧНО-КРЕСТЦОВОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).....	13
1.1 Дегенеративно-дистрофические заболевания пояснично-крестцового отдела позвоночника.....	14
1.2 История хирургического лечения заболеваний позвоночника.....	18
1.3 Стабилизирующие операции в лечении дегенеративно – дистрофических заболеваний пояснично-крестцового отдела позвоночника из заднего доступа...	24
1.4 Лазерные технологии в лечении дегенеративно-дистрофических заболеваний пояснично-крестцового отдела позвоночника.....	36
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	42
2.1 Дизайн исследования.....	42
2.2 Характеристика исследуемых групп.....	42
2.3 Методы обследования.....	49
2.3.1 Клиническое обследование.....	49
2.3.2 Инструментальные методы диагностики.....	58
2.4 Статистическая обработка данных.....	62
ГЛАВА 3. БИОМЕХАНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДИКИ УНИЛАТЕРАЛЬНОЙ И БИЛАТЕРАЛЬНОЙ ТРАНСПЕДИКУЛЯРНОЙ ФИКСАЦИИ НА УРОВНЕ ПОЯСНИЧНО-КРЕСТЦОВОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА	64
ГЛАВА 4. МЕТОДИКИ ЛЕЧЕНИЯ ДЕГЕНЕРАТИВНО- ДИСТРОФИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПОЯСНИЧНО-КРЕСТЦОВОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА.....	78
4.1 Хирургическая техника.....	78

4.1.1 Билатеральная транспедикулярная фиксация без выполнения межтелового спондилодеза.....	79
4.1.2 Унилатеральная транспедикулярная фиксация без выполнения межтелового спондилодеза	85
4.1.3 Унилатеральная транспедикулярная фиксация без выполнения межтелового спондилодеза с контрлатеральной лазерной остеоперфорацией фасеточного сустава	86
4.2 Послеоперационное ведение.....	90
ГЛАВА 5. РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ...	92
5.1 Первая группа наблюдения – билатеральная транспедикулярная фиксация (n=20).....	92
5.2 Вторая группа наблюдения – унилатеральная транспедикулярная фиксация (n=20)	98
5.3 Третья группа наблюдения – унилатеральная транспедикулярная фиксация с лазерной остеоперфорацией контрлатерального фасеточного сустава (n=20).....	103
5.4 Сравнительная оценка и обсуждение полученных результатов.....	109
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	122
ВЫВОДЫ.....	128
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	129
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	130
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	131
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	159

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника занимают одно из первых мест по частоте выявленных патологий опорно-двигательной системы и являются одной из главных причин боли в спине и развитии радикулопатии [56,189].

Дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника диагностируются более чем у 80% людей хотя бы раз в жизни. По данным американской ассоциации хирургов-ортопедов ежегодно в США прямые затраты системы здравоохранения на лечение дегенеративно-дистрофических заболеваний составляют более 40 млрд. долларов США. Из них затраты на хирургическое лечение составляют около 11 млрд. долларов США. Стоимость хирургического лечения так же напрямую связана со стоимостью используемых ортопедических имплантов. Большая часть диагностированных патологий не требует хирургического лечения (более 80%) [182, 240].

Вопросы диагностики и лечения таких заболеваний играют важную роль ввиду своей распространенности у работоспособного населения; по некоторым данным дегенеративные поясничного отдела диагностируются у каждого пятого человека трудоспособного возраста [167].

Дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника включают группу состояний, характеризующихся потерей нормальной структуры и функции позвоночника, чаще всего поражающих поясничный отдел. Дегенеративно-дистрофические изменения, в основном, являются следствием физиологического старения или травмы, а также являются основной причиной хронической инвалидности [126, 86].

Это состояние включает в себя:

- Грыжи и дегенеративные изменения межпозвоночных дисков;
- стенозы позвоночного канала;

- дегенеративный спондилолистез;
- артроз фасеточных суставов;
- дегенеративный сколиоз.

Со временем спондилодез с применением межтелового импланта в поясничном отделе позвоночника стал распространенным и эффективным хирургическим методом для лечения дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника, с тех пор как доктор Ральф Клоуард впервые сообщил об этом более 65 лет назад. Этот вариант оперативного лечения дает возможность выполнив стабилизацию позвоночно-двигательного сегмента, поддерживать необходимую высоту пространства межпозвоночного диска и ускорить процесс восстановления после операции на позвоночнике [114, 159].

Традиционно после декомпрессии, выполненной на фоне дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника в пояснично-крестцовом отделе широко использовалась двухсторонняя фиксация транспедикулярными винтами, которая могла способствовать артродезу, предотвращать несращение и улучшать скорость сращения [95]. Однако, из-за чрезмерной жесткости двусторонней фиксации, она может привести к синдрому дегенеративных изменений смежного уровня, остеопорозу и более высокому риску неврологических послеоперационных осложнений [226]. Кроме того, билатеральная транспедикулярная фиксация может вести к более обширному хирургическому доступу, большей потере крови, более длительной операции и увеличению медицинских расходов. В последнее время некоторые авторы указывали на возможность в отдельных случаях применять унилатеральную транспедикулярную фиксацию для уменьшения жесткости прооперированного позвоночно-двигательного сегмента (ПДС), при этом достигали аналогичных функциональных результатов и скорости сращения в сравнении с двусторонней фиксацией при лечении дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника [96, 225, 71].

Однако ряд авторов считают такую фиксацию недостаточной и выступают против подобной тактики [207].

Определить тактику хирургического лечения пациента с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями позвоночника крайне затруднительно без точного представления о характере распределения напряжений в позвоночно-двигательных сегментах позвоночника и биомеханических изменений, которые связаны с дегенеративными заболеваниями позвоночника. Получить корректную информацию достаточно сложно ввиду невозможности измерения точечного напряжения в позвоночно-двигательных сегментах и в связи с трудностями при моделировании такой ситуации *invitro* [228]. Применение математического моделирования могло бы помочь определить возможность применения унилатеральной транспедикулярной фиксации. Однако, работ, в которых приводятся расчеты, позволяющие рекомендовать или, наоборот, отвергнуть хирургическую тактику, предусматривающую выполнение унилатеральной транспедикулярной фиксации, до сих пор нет. Отсутствуют также и достаточно доказательные клинические исследования, посвященные этой тематике., в связи с чем отношение к унилатеральной фиксации остается как минимум настороженным у большинства специалистов [133, 232]. Поэтому назрела необходимость определить сферы возможного эффективного и безопасного применения унилатеральной фиксации в лечении дегенеративно-дистрофических заболеваний пояснично-крестцового отдела позвоночника.

Степень разработанности темы исследования

До сих пор не проведены исследования по доказательному сравнению преимуществ и недостатков унилатеральной транспедикулярной фиксации без внедрения межтелового импланта по сравнению с традиционной билатеральной методикой. На фоне ряда проблем, связанных с выполнением билатеральной ТПФ, проведение специального исследования, призванного определить возможности и эффективность унилатеральной фиксации, а также обосновать показания к выполнению таких операций, представляется актуальным.

Цель исследования:

Улучшить результаты лечения пациентов с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями пояснично-крестцового отдела позвоночника за счет выбора оптимального варианта фиксации позвоночно-двигательного сегмента.

Задачи исследования:

1. Показать на основе созданной биомеханической модели возможность применения унилатеральной транспедикулярной фиксации для стабилизации позвоночно-двигательного сегмента в пояснично-крестцовом отделе позвоночника.

2. Определить преимущества и сформулировать показания к применению унилатеральной транспедикулярной фиксации при дегенеративно-дистрофических заболеваниях позвоночника в пояснично-крестцовом отделе.

3. Разработать, обосновать и внедрить методику лазерной остеоперфорации фасеточных суставов для повышения стабильности унилатеральной фиксации путем создания фиброзного анкилоза фасеточных суставов.

4. Провести анализ применения методик билатеральной, унилатеральной транспедикулярной фиксации позвоночно-двигательного сегмента и унилатеральной транспедикулярной фиксации с лазерной остеоперфорацией контрлатерального фасеточного сустава.

Научная новизна

1. На основе созданной биомеханической модели с помощью метода математического моделирования доказана возможность надежной стабилизации позвоночно-двигательного сегмента с помощью унилатеральной транспедикулярной фиксации

2. Определены показания и применена методика унилатеральной транспедикулярной фиксации без внедрения межтелового импланта позвоночно-двигательного сегмента при лечении дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника.

3. Разработана и применена методика лазерной остеоперфорации дугоотростчатых суставов для лечения дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника.

Основные положения, выносимые на защиту

1. При унилатеральной транспедикулярной фиксации позвоночно-двигательного сегмента в пояснично-крестцовом отделе формирующиеся напряжения в системе «позвоночно-двигательный сегмент – фиксатор» не имеют значимых отличий с билатеральным вариантом, что подтверждается с помощью исследования созданной биомеханической модели. В связи с этим унилатеральная транспедикулярная фиксация позволяет добиться надежной стабилизации и может быть рекомендована как менее травматичная и дорогостоящая альтернатива билатеральной фиксации для пациентов с ИМТ $< 30 \text{ кг/м}^2$.

2. Лазерная остеоперфорация дугоотростчатых суставов с контрлатеральной стороны является дополнительным фактором стимуляции их артродеза, что повышает стабильность унилатеральной транспедикулярной фиксации и способствует регрессу вертеброгенного болевого синдрома.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 3.1.8. Травматология и ортопедия, а именно посвящена улучшению результатов лечения пациентов, страдающих дегенеративно-дистрофических заболеваний пояснично-крестцового отдела позвоночника, путем использования унилатеральной транспедикулярной фиксации при декомпрессивно-стабилизирующих операциях, что будет способствовать сохранению здоровья населения, восстановлению трудоспособности, сокращению продолжительности

и улучшению качества лечения. Области исследования: разработка и усовершенствование методов диагностики и лечения заболеваний и повреждений опорно-двигательной системы, и внедрение их в клиническую практику. Задачи и положения, выносимые на защиту диссертации, соответствуют формуле научной специальности 3.1.8. Травматология и ортопедия. Результаты проведенного исследования соответствуют научной специальности 3.1.8. пунктам 1, 3 паспорта специальности Травматология и ортопедия.

Теоретическая и практическая значимость работы

1. Внедрение методики унилатеральной транспедикулярной фиксации в комбинации с миниинвазивной лазерной остеоперфорацией фасеточного сустава контрлатеральной стороны в клиническую практику позволит улучшить результаты лечения дегенеративно-дистрофических заболеваний пояснично-крестцового отдела позвоночника, снизить риски послеоперационных осложнений за счет уменьшения времени, травматичности вмешательства, объема интраоперационной кровопотери.

2. Применение унилатеральной транспедикулярной фиксации снизит стоимость оперативного вмешательства, что в сочетании меньшей травматичностью повысит его доступность для пациентов с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями пояснично-крестцового отдела позвоночника.

Внедрения результатов в практику

Полученные результаты исследования, посвященного применению унилатеральной транспедикулярной фиксации в лечении дегенеративно-дистрофических заболеваний пояснично-крестцового отдела позвоночника внедрены в практику работы клиники травматологии, ортопедии и патологии суставов и кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова (Сеченовский университет).

Методология и методы исследования

Исследование проводилось согласно Национальному стандарту Российской Федерации ГОСТ Р 52379-2005. В период с 2020 по 2022 г. в клинике травматологии, ортопедии и патологии суставов Университетской клинической больницы №1, ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) проведено проспективное, рандомизированное исследование 60 пациентов, которым было выполнено оперативное лечение по поводу одноуровневого дегенеративно-дистрофического заболевания пояснично-крестцового отдела позвоночника. Изучалась эффективность хирургического лечения трех методик стабилизации позвоночно-двигательного сегмента, в которые входили билатеральная транспедикулярная фиксация, унилатеральная транспедикулярная фиксация и унилатеральная транспедикулярная фиксация с выполнением лазерной остеоперфорации контрлатерального дугоотростчатого сустава. В предоперационный и послеоперационный период помимо общих показателей, проводили оценку статуса пациента по шкалам и опросникам.

Степень достоверности и апробация результатов работы

Работа выполнена с использованием современных клиничко-инструментальных методов обследования и методов статистической обработки полученных результатов с использованием пакетов прикладных программ MS EXCEL и IBM SPSS 27. Сформулированные в диссертации выводы и положения аргументированы и логически вытекают из результатов анализа.

Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на:

- Всероссийская конференция молодых ученых «Травматология и ортопедия. Прошлое, настоящее и будущее...» (15.04.2021г., Санкт-Петербург);
- Научно-практической конференции с международным участием «Лазеры в медицине 2021» (15.10.2021г., Москва);

- Научно-практический конгресс Global Spine Congress 2021 (03-06.11.2021г., Paris);

- Научно-практическая конференция «Голицынские чтения. Современные тенденции в травматологии и ортопедии. Новые технологии и решения» (01.10.2022г., Москва).

- VI Сеченовский Международный Биомедицинской Саммит: Технологический Суверенитет (SIBS 2022) (08-09.11.2022г, Москва)

Диссертация апробирована на общем собрании коллектива кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф института клинической медицины имени Н.В. Склифосовского и клиники травматологии, ортопедии и патологии суставов Университетской клинической больницы № 1 Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Первого Московского государственного медицинского университета имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), протокол №3 от 14.03.2023 г.

Выполнение работ по диссертационному исследованию было поддержано Министерством науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения №075-15-2021-596.

Личный вклад автора

Автор лично сформулировал цель и задачи исследования. Он лично проводил отбор пациентов, их предоперационную подготовку, принял участие во всех операциях, осуществлял динамическое послеоперационное наблюдение пациентов. Автор проводил пошаговый сравнительный анализ основных этапов операций билатеральной и унилатеральной транспедикулярной фиксации. Им проведен сбор и анализ полученных результатов, их статистическая обработка, сформулированы выводы и практические рекомендации.

Публикации

По результатам исследования автором опубликовано 7 работ, в том числе 3 научных статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий Сеченовского Университета/Перечень ВАК при Минобрнауки России, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук; 1 статья в изданиях, индексируемых в международных базах Web of Science, Scopus; 1 патент на изобретение; иные публикации по результатам исследования– публикаций в сборниках материалов международных и всероссийских научных конференций– 2.

Объем работы и структура работы

Диссертация изложена на 161 страницах машинописного текста и состоит из введения, 5 глав собственных наблюдений, заключения, выводов, практических рекомендаций, приложения и списка литературы из 247 источников (80 отечественных и 167 иностранных авторов). Работа иллюстрирована 61 рисунком, 5 таблицами.

ГЛАВА 1. ЛЕЧЕНИЕ ДЕГЕНЕРАТИВНО-ДИСТРОФИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПОЯСНИЧНО-КРЕСТЦОВОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Дегенеративно-дистрофические заболевания пояснично-крестцового отдела позвоночника являются основной причиной хронического болевого синдрома в нижней части спины у населения всего земного шара [179, 36]. По различным данным, распространенность людей с дегенеративными изменениями позвоночника и межпозвоночного диска составляла 377,5 млн в в 1990 г. и увеличилась до 577,0 млн в 2017 г. [142]. Более чем в половине (50,2%) случаев дегенеративные изменения возникают пояснично-крестцовом отделе позвоночника [140]. Годовые расходы на лечение болевого синдрома в пояснично-крестцовом отделе позвоночника для системы здравоохранения оцениваются в 19,77 млрд фунтов стерлингов в Соединенном Королевстве и 100 млрд долларов США в США, что свидетельствует об огромной экономической нагрузке на общество [216, 222].

Дегенеративные изменения пояснично-крестцового отдела позвоночника затрагивают почти всех людей после пятидесяти лет [135]. Дегенеративный стеноз позвоночного канала является наиболее частой причиной корешкового синдрома у пациентов старше 65 лет, у пациентов молодого возраста (от 18 до 40 лет) ведущей патологией является грыжа межпозвоночного диска [145].

Во многих случаях болевой синдром может пройти после курса консервативного лечения, однако, в 25,8 % случаев необходимо оперативное лечение [153]. В настоящее время применяются различные методики оперативного лечения дегенеративно-дистрофических заболеваний пояснично-крестцового отдела позвоночника [36].

1.1 Дегенеративно-дистрофические заболевания пояснично-крестцового отдела позвоночника

Грыжа межпозвоночного диска. Межпозвоночный диск состоит из пульпозного ядра, фиброзного кольца и примыкающих замыкательных пластинок тел позвонков. Современные исследования показали, что болевой синдром связанный с межпозвоночным диском также может быть связан с изменениями в теле позвонков по типу Modic [6, 59]. Неизменный межпозвоночный диск является аневральным и аваскулярным, а патологические болевые пути иннервации связаны со стимуляцией воспалительных путей секретлируемыми им цитокинами, что приводит к воспалительной реакции, ведущей к возникновению болевого синдрома пораженного диска [60].

Грыжа межпозвоночного диска регистрируется как очаговое смещение пульпозного ядра за пределы пространства межпозвоночного диска. Нормальный край межпозвоночного диска определяется концевыми пластинками тела позвонка в каудально-краниальном направлении за исключением остеофитов. Грыжа диска классифицируется как локализованная, когда смещенный диск покрыт волокнами фиброзного кольца или задней продольной связкой, края которых выглядят гладкими на аксиальной магнитно-резонансной томографии (МРТ). Волокна поверхностных задних кольцевидных волокон или задней продольной связки, в то время как протрузия возникает, когда такое ограничение волокон теряется [78, 22]. Экструзия определяется, когда расстояние материала диска от его края до основания, по крайней мере, в одной плоскости больше, чем края основания, или когда между материалом диска и его основанием отсутствует непрерывность. Последнюю форму экструзии часто называют секвестрацией, когда материал диска полностью отделяется от исходного диска. Термин «миграция» используется, когда смещение материала диска выходит за пределы межпозвоночного диска от места экструзии [143]. Дегенеративный диск включает все нормальные и патологические дегенеративные процессы в диске. Дегенеративное заболевание

диска включает как фиброз кольца, так и дегенерацию прилегающих апофизов, называемую «деформирующий спондилез», а также дегенерацию студенистого ядра и концевой пластинки позвонка, известную как «межпозвоночный остеохондроз». Было высказано предположение, что первое является следствием нормального старения, тогда как второе является патологическим, но не обязательно симптоматическим [62, 158].

Классификации грыж по J.G. Terlick [212, 36](Рисунок 1):

1. Неизмененный межпозвоночный диск
2. Протрузия диска с разрушением фиброзного кольца и растяжением задней продольной связки; по сути – выпячивание диска.
3. Грыжа диска с перфорацией задней продольной связки и сдавлением дурального мешка.
4. Грыжа диска с отделившимся свободным фрагментом, но лежащим на уровне фиброзного кольца.
5. Грыжа с перфорацией задней продольной связки на уровне фиброзного кольца.
6. Грыжа с образованием свободного фрагмента вне уровня (ниже) фиброзного кольца.

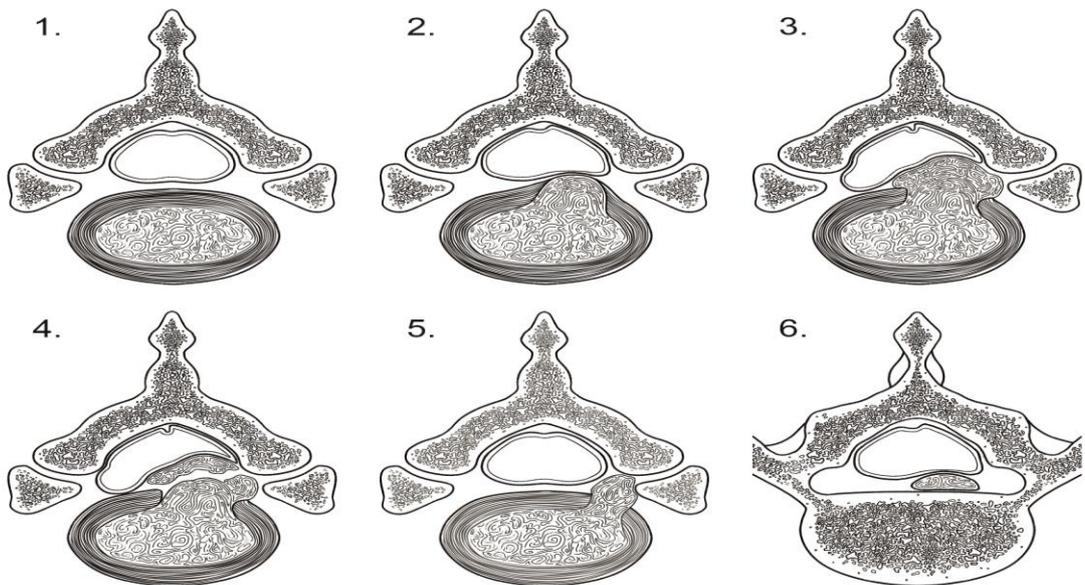


Рисунок 1 - Классификация грыж по Terlick J.G(1991)

Определение нестабильности позвоночно-двигательного сегмента.

Рентгенография является стандартным инструментальным методом исследования. Однако, не смотря на явные преимущества данной методики в распространенности, невысокой стоимости исследования, быстроте выполнения, она имеет большое количество ограничений в диагностике дегенеративно-дистрофических изменений, которая связана со скудной визуализацией мягких тканей пояснично-крестцового отдела позвоночника (межостистая и надостистые связки, желтая связка, пульпозное ядро и фиброзное кольцо межпозвоночного диска, корешки спинного мозга).

Для диагностики нестабильности через заднюю границу тел позвонков проводятся линии Georges, которые в норме пересекаются в межпозвоночном пространстве. С помощью расстояния Van Akkerveeken диагностируется нестабильность позвоночно-двигательного сегмента в переднезаднем направлении [234, 22]. В положении максимального разгибания и сгибания проводят рентгенологическое исследование, для интерпретации исследования проводятся две линии по замыкательным пластинкам смежных позвонков. В норме они должны пересечься на одинаковом расстоянии от задней линии позвоночника. Нестабильность позвоночно-двигательного сегмента диагностируется при расстоянии более 2 мм (рисунок 2).

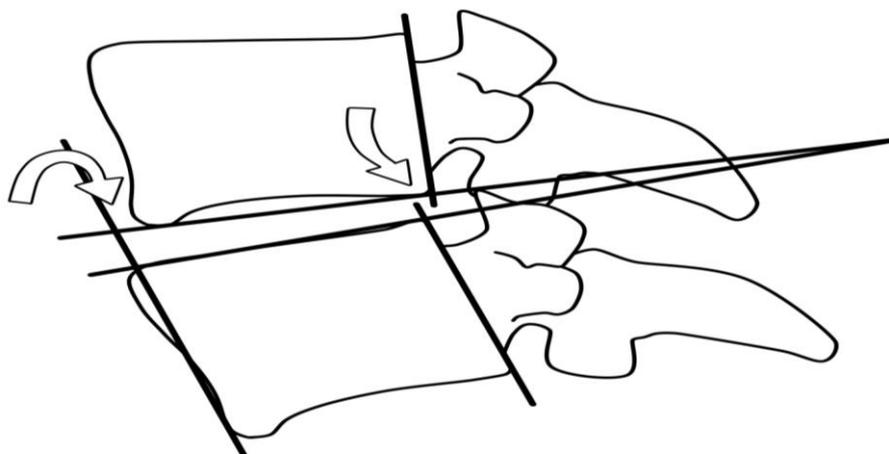


Рисунок 2 - Определение нестабильности позвоночно-двигательного сегмента (расстояние Van Akkerveeken)

Согласно диссертационной работе «Структурно-функциональные нарушения при остеохондрозе пояснично-крестцового отдела позвоночника (диагностика и хирургическое лечение)» Макирова С.К. степени нестабильности подразделяются [77]:

- Дислокационный синдром 1
- Дислокационный синдром 2А
- Дислокационный синдром 2Б
- Дислокационный синдром 3

Исходя из типа дислокационного синдрома показана различная методика стабилизации позвоночно-двигательного сегмента [34].

Спондилоартроз. Дугоотростчатый сустав подвергается вторичным дегенеративным изменениям, которые являются следствием постоянно возникающего перенапряжения паравертебральных мышц и ежедневным нагрузкам на ПДС, что в свою очередь приводит к появлению синовиальных кист, появлению спондилоартроза, а также к возникновению нестабильности позвоночно-двигательного сегмента [66, 67].

Дегенеративный артроз фасеточных суставов является самой частой причиной боли в области дугоотростчатых суставов, которая может быть связана с дегенеративно-дистрофическими изменениями межпозвоночных дисков. Как и в других синовиальных суставах, остеоартроз проявляется уменьшением суставной щели, дегенеративным изменением хряща, а также ростом остеофитов. Считается, что именно воспаление дегенеративно измененных фасеточных суставов и окружающих их измененных тканей вызывает локальную боль в пояснице [52, 199]. Eubanks в 2007 году опубликовал исследование о распространенности артроза дугоотростчатых суставов среди населения земли основанное на исследовании 647 кадаверных материалов позвоночника. Они пришли к выводу, что артроз дугоотростчатых суставов является очень распространенной патологией, которая может диагностироваться у пациентов

всех возрастных групп, однако имеет большую распространенность и выраженность у мужчин, нежели у женщин [200].

Наиболее часто артроз возникает на уровне L4-L5 согласно вышеупомянутому исследованию.

Лечение фасеточного синдрома позвоночника должно включать междисциплинарный подход. Основными тенденциями в лечении являются консервативные, хирургические и минимально инвазивные методы лечения. Неоперативным лечением является прием НПВС во время острой фазы заболевания, а также использования корсета при выраженных нагрузках на пояснично-крестцовый отдел позвоночника [184]. Также эффективными методиками можно считать снижение веса пациента и применение физиотерапевтического лечения. К минимально инвазивным методикам, применяемым в клинической практике, можно отнести блокады и инъекции в дугоотростчатые суставы и выполнение радиочастотной денервации [21]. Показаниями к хирургическому лечению артроза дугоотростчатых суставов являются невосприимчивость к консервативному лечению и выраженные дегенеративные изменения сустава, регистрируемые с помощью вспомогательных методов исследования (КТ- и МР-исследования). В основном, используют применение фасетэктомии с последующим формированием спондилодеза позвоночно-двигательного сегмента [171, 98].

Исходя из степени вовлеченности дугоотростчатых суставов в дегенеративный процесс спондилоартроз разделяется на 4 стадии, аналогично стадиям остеоартроза по Kellgren [215, 22, 45].

1.2 История хирургического лечения заболеваний позвоночника

Тактика хирургического лечения дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника связана с совокупностью представлений о причинах и механизмах развития данной группы заболеваний в разные периоды времени [71].

Чем дольше существует цивилизация, тем старше документы и записи, описывающие представления того времени о развитии медицины.

Первым документом, повествующим о повреждении позвоночника, является папирус Edwin Smith, который был переведен знаменитым египтологом J.H. Breasted в 1930 году. Он полагал, что папирус был датирован 3000-2500 гг до н.э. [40]. По представлениям того времени рекомендовалось прикладывать сырое мясо вместе с медом на поясничный отдел позвоночника для лечения люмбоишиалгического синдрома [104]. По прошествии некоторого времени Гиппократ Косский (460-390гг до н.э.), которого также называют «отцом медицины», в своих трудах «О природе костей» и «О суставах» подробно описал анатомическое строение позвонков и разделил их на три группы (шейные, грудные и поясничные), первым описал и выделил в отдельные группы такие заболевания, как кифоз, сколиоз, переломы остистых отростков и вывихи позвонков [36]. Гиппократ предложил несколько методов лечения кифотических деформаций: первый заключался в том, что пациента привязывали к высокой лестнице, приставленной к стене, и отталкивали, чтобы он, описав дугу в воздухе, падал точно на спину; второй заключался в применении тракционного стола, на котором пациента растягивали по оси позвоночника [12]. Исходя из этого великого грека Гиппократа Косский можно назвать не только «отцом медицины», но и с полной уверенностью «отцом вертебологии».

Другой великий грек Гален (130-201 гг н. э.) экспериментально доказал, что повреждения спинного мозга вызывают чувствительные нарушения дистальнее уровня повреждения вплоть до паралича.

В средние века больше внимания уделялось лечению травм и повреждений позвоночного столба на различных уровнях, нежели лечению дегенеративных поражений позвоночника. Следует отметить значительный вклад в историю развития вертебологии таких деятелей того времени, как Павел из Эгины, Lanfranc, Guy de Chauliac, Ambroise Pare, Fabricus Hildanus, Николай Бидлоо, Heister, Louis, Hadra [25].

В ходе дальнейшего развития спинальной хирургии можно выделить следующие основные направления деятельности: лечение травм и повреждений, дегенеративно-дистрофических поражений и деформаций позвоночника различного происхождения [40].

Термин «ишиас» употребляется уже давным-давно и получил даже свое отражение в литературе: он упоминается в пьесе Уильяма Шекспира «Тимон Афинский». В середине XVI века Везалий подробно описал межпозвоночный диск [148]. Позднее через 200 лет в 1764 году D. Cortungo дал первое описание люмбоишиалгического синдрома, однако он связывал клинические проявления с патологическими изменениями седалищного нерва.

В 1881 году, будучи студентом профессора медицинского университета Парижского университета Эрнеста Шарля Ласега, J.J. Forst в своей диссертации описал симптом, используемый для оценки неврологического статуса пациента, который повсеместно известен как симптом Ласега. До сих пор неизвестно кому принадлежала идея - учителю или ученику [63, 148]. Интересно, что сербский доктор Lazar Lazarevic тоже описал схожий симптом примерно в тот же самый исторический период времени, в 1880 году, однако его работа была опубликована на сербском языке и не получила мировой известности [63, 45].

Middelton и Teacher первыми описали грыжу межпозвоночного диска в 1911 году. У пациента резко при подъеме тяжелого предмета возникла боль и случилось развитие неврологической симптоматики; это привело к выраженному снижению двигательной активности пациента, в результате чего через 16 дней у него развился сепсис на фоне пролежней. На вскрытии была обнаружена грыжа межпозвоночного диска Th12-L1, однако авторы, не связали болевой синдром с разрывом фиброзного кольца межпозвоночного диска [173].

В том же 1911 году Joel E. Goldthwait первым описал и графически изобразил дорсальное смещение пульпозного ядра межпозвоночного диска при повреждении фиброзного кольца и впервые связал появление вертеброгенного болевого синдрома с возникновением грыжи межпозвоночного диска [76].

Достаточно долгое время считалось, что образование в позвоночном канале имеет опухолевую природу [16, 106]. В связи с этим важную роль в мировой истории развития хирургии развития дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника сыграли работы немецкого патологоанатома Christian George Schmorl, который с 1928 по 1932 гг. исследовал более 10 000 позвоночников. Он отметил, что в 38% обследованных им позвоночных столбов отмечается пролапс межпозвоночного диска в смежные тела позвонков, а в 15% обнаружил пролапсы межпозвоночных дисков под заднюю продольную связку [106]. В 1932 году вышла книга Schmorl и Junghanns «The human spine in health and disease» с подробными четкими фотографиями межпозвоночных дисков, которую сейчас относят к классическим литературным источникам. После изучения данной работы доктор Barr сопоставил иллюстрации с удаленной тканью пациента, страдающим болями в области пояснично-крестцового отдела позвоночника, о чем в сентябре 1933 года был отправлен отчет в Хирургическое общество Новой Англии [20]. В 1969 году Farfan назвал 1933 год началом «династии диска» [177].

Впоследствии был опубликован ряд работ, в настоящее время считающихся классическими, значительно расширивших современное представление о функции и анатомическом строении межпозвоночного диска [76, 124, 137, 149, 183]. Отметим значимость научных трудов отечественных авторов, к которым со всей уверенностью можно отнести книгу Я.Л. Цивьян, В.Е. Райхинштейн «Межпозвонковые диски» опубликованную в 1977 году [75].

В конце 1930-х годов началось активное развитие хирургической техники удаления грыж межпозвоночного диска, наиболее известными являются работы Love (1939), Smith (1963), Sussman (1968), Wilson (1979). Все они отмечали важность наименьшего травматизма декомпрессивного хирургического лечения из-за выраженного снижения опорной способности позвоночного столба [166, 134, 211, 241], однако, хирургическое сообщество в то время не отдавало должного внимания данной проблеме.

Большой вклад в развитие хирургии дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника внесли отечественные специалисты – В.Д. Чаклин, Я.Л. Цивьян, Г.С. Юмашев, Корж А.А. и другие; их исследования были посвящены новому направлению в оперативном лечении остеохондроза [27, 75, 76, 80]. Первым хирургом в СССР, выполнившим оперативное вмешательство по поводу грыжи межпозвоночного диска шейного отдела позвоночника, был И.С. Бабчин [36]. В последующем советские специалисты стали заниматься исследованием дискогенных и пояснично-крестцовых болевых синдромов, однако большинство ученых считали инфекционную теорию возникновения пояснично-крестцовых радикулопатий основной. Первой публикацией о проведенном хирургическом лечении 9 пациентов при задних межпозвоночных грыжах пояснично-крестцового отдела позвоночника является публикация Поповой Н.Н., изданная в 1946 году [9, 45].

К началу 1960х годов советскими хирургами были выполнены более 100 операций по удалению грыж межпозвоночных дисков [23].

Широкое распространение вентрального спондилодеза для лечения дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника получила операция «тотальная дискэктомия и расклинивающий спондилодез» в 1961 году, названная так основоположником вертебрологии в нашей стране Я. Л. Цивьяном [70, 71]. Межпозвоночный диск полностью удалялся и заполнялся губчатым аутооттрансплантатом, это позволило решить вопрос нестабильности позвоночно-двигательного сегмента и способствовало восстановлению высоты межпозвоночного диска. В 1966 году им же было опубликовано руководство по хирургии позвоночника, где он исследует дискогенный радикулопатический синдром. Главная роль отводилась вопросам лечения повреждений позвоночника, восстановления передней опорной колонны поврежденного позвоночно-двигательного сегмента; описаны различные методики декомпрессивно-стабилизирующих оперативных вмешательств [75]. В.А. Шустин в 1966 году также исследует дискогенный радикулопатический синдром [26]. Юмашев Г.С. и Фурман М.Е. в монографии «Остеохондрозы

позвоночника» отмечают, что возникновение межпозвоночной грыжи невозможно без дегенеративно-дистрофических изменений и разрыва фиброзного кольца; их исследования показали, что утолщение желтой связки сопровождается дегенерацией, фиброзом и гиалиновым перерождением, которые обнаруживаются при снижении высоты межпозвоночного диска и на уровне выраженного грыжевого выпячивания [80].

Caspar описал применение усовершенствованной методики микрохирургической дискэктомии, выполненную им в 1976 году, за основу была взята методика Love J. [166]. По данным некоторых исследований эффективность такой методики достигает 95% из-за возможности проведения малоинвазивной дискэктомии без разрушения заднего опорного комплекса позвоночника [18, 36].

Необходимо отметить, что в отличие от грыжи межпозвоночного диска стеноз позвоночного канала, как причина неврологических расстройств, был описан значительно раньше: в работе французского ученого A. Portal в 1803 году [195]. В 1893 году англичанин William A. Lane применил декомпрессивную ламинэктомию в лечении дегенеративного спондилолистеза [162]. В 1916 году в основной монографии для спинальных хирургов того времени Elsberg уверял, что оперативное лечение спондилита и спондилоартрита необходимо: именно из-за этих заболеваний происходит компрессия корешков и спинного мозга новообразованным костным фрагментом [12]. Отдельного внимания заслуживают несколько работ пионера изучения стеноза позвоночного канала H. Verbiest [237, 235, 236].

В последующие годы была разработана подробная классификация стенозов позвоночного канала с использованием новых методов исследования пояснично-крестцового отдела позвоночника, включающих в себя магнитно-резонансную томографию и компьютерную томографию. Стенозы были разделены на центральные, латеральные и фораминальные. В арсенале хирургов появилось несколько новых методов оперативного лечения, дающих возможность произвести декомпрессию позвоночного канала без значительного нарушения

опороспособности заднего опорного комплекса позвоночного столба. При необходимости каждый из вариантов декомпрессии может комбинироваться с выбранным вариантом стабилизации позвоночно-двигательного сегмента [72, 31, 22].

1.3 Стабилизирующие операции в лечении дегенеративно-дистрофических заболеваний пояснично-крестцового отдела позвоночника, выполняемые из заднего доступа

Параллельно с изобретением и распространением новых методик декомпрессии невральных структур происходило развитие стабилизирующих оперативных вмешательств. Существует несколько тенденций развития стабилизирующих операций на позвоночнике. В основном, все их можно разделить на две большие группы [39]:

- стабилизирующие операции, выполняемые из переднего (вентрального) доступа;
- стабилизирующие операции, выполняемые из заднего (дорзального) доступа.

Динамические системы фиксации позвоночно-двигательного сегмента. Первой системой такого типа была разработана система «Dynesix» швейцарского производства. Продольные балки в ней заменены на специальный «шнур». Конструкция этой системы предоставляет возможность стабилизировать нужный сегмент при сохранении практически полного объема движений [128].

Еще одним вектором в развитии динамических систем стабилизации можно считать развитие межкостистых имплантов, таких как «Coflex» (Германия) и «Diam» (США). Главным преимуществом этих конструкций является простота установки при выраженной поддержке заднего опорного комплекса поясничного отдела позвоночника [4, 41, 29]. Они также могут быть установлены после декомпрессивных операций при стенозе позвоночного канала или при удалении межпозвоночной грыжи из интерламинарного доступа [4, 130]. В последнее

время широкое распространение получила новая динамическая система фиксации позвоночника под названием Vertebral Body Tethering System (VBT) производства фирмы «Zimmer-Biomet» (США). Отметим, что предусмотрена она, в основном, для лечения деформаций грудного отдела позвоночника [247].

Малоинвазивные методики задней стабилизации пояснично-крестцового отдела позвоночника. К малоинвазивным методикам задней стабилизации пояснично-крестцового отдела позвоночника относятся [2, 55, 19, 30, 138]:

- билатеральная миниинвазивная транспедикулярная фиксация (ТПФ);
- миниинвазивная билатеральная ТПФ со спондилодезом кейджем из малоинвазивного доступа (спондилодез 360⁰);
- миниинвазивная ТПФ со спондилодезом кейджем из малоинвазивного доступа (спондилодез 360⁰).

Впервые методику миниинвазивного внедрения транспедикулярной системы фиксации предлагает Mathews. Он проводил пластину для фиксации винтов над фасцией подкожно [150]. Основным преимуществом метода, использованного авторами, является уменьшение риска послеоперационных осложнений в виде инфекции и большой кровопотери; к сожалению, эта методика не обладает необходимыми стабилизирующими свойствами.

Первый, кто применил миниинвазивную технику установки транспедикулярных винтов из дорзального доступа, был Foley. Он проводил установку миниинвазивной системы ТПФ METRx (Medtronic) с помощью специальных тубулярных ретракторов: которые разводили паравертебральные мышцы и с помощью специального направителя для установки стержня, фиксирующего головки транспедикулярных винтов. Были проведены 12 операций пациентам с дегенеративным спондилолистезом, авторы были удовлетворены предложенной методикой и отмечали перспективное развитие данной технологии [151].

Последующие исследования также описывают технологию установки системы транспедикулярной фиксации из малоинвазивного доступа с

одномоментным выполнением декомпрессии невральных структур оперированного сегмента с применением различных тубулярных ретракторов, которые помогают визуализировать этапы хирургического лечения [58, 65, 48, 176, 174, 127].

Park выполнил сравнение двух групп пациентов, в первой из которых было выполнено малоинвазивное внедрение ТПФ 29 пациентам, а во вторую вошли 32 пациента, прооперированных согласно классической методике открытой транспедикулярной фиксации [190]. Хорошие и отличные клинические результаты были получены у 29 пациентов из первой группы и у 26 пациентов из группы сравнения. В заключении авторов говорится о снижении интраоперационной кровопотери, снижении необходимости к гемотрансфузии, снижении срока послеоперационной реабилитации у группы пролеченной методикой миниинвазивной транспедикулярной фиксации. К минусам данной методики можно отнести более плохую детальную визуализацию невральных структур при выполнении декомпрессивного этапа операции.

Некоторые авторы считают, что риск осложнений, происходящих во время проведения транспедикулярных винтов и межтеловых имплантов по миниинвазивной технологии, можно значительно снизить, используя компьютерную навигацию во время этого этапа операции [2, 194, 206].

Задний межтеловой спондилодез поясничного отдела позвоночника (PLIF). Термин «задний межтеловой спондилодез поясничного отдела позвоночника» («posterior lumbar interbody fusion») был введен около 80 лет назад. Он стал методом лечения нестабильности позвоночно-двигательного сегмента, стеноза позвоночного канала, сколиотической деформации и спондилолистеза [42, 25, 36]. С конца 80х годов XX века выполнение заднего межтелового спондилодеза поясничного отдела позвоночника (PLIF) получило широкое распространение для лечения хронического вертеброгенного болевого синдрома и рецидивирующей радикулопатии, что в свою очередь привело значительному увеличению количества выполненных оперативных вмешательств по формированию заднего межтелового спондилодеза [125,

169]. Также распространено выполнение заднего межтелового спондилодеза после проведения задней декомпрессии невральных структур при имеющейся у пациента нестабильности позвоночно-двигательного сегмента, а так же если есть деформация поясничного отдела позвоночника [82, 131, 45].

Первопроходцами в развитии метода PLIF были Briggs и Milligan, которые в 1944 году впервые описали данный метод оперативного лечения [105]. Они использовали костный ауто трансплантат, взятый во время ламинэктомии, который служил в качестве межтелового трансплантата. Yaslow в 1946 году несколько изменил технику формирования межтелового спондилодеза и использовал ауто трансплантат из остистого отростка, что, к сожалению, негативно сказалось на заднем опорном комплексе позвоночника [156]. И только в 1953 Ralph B. Cloward описал свою технику, где он использовал костный блок из гребня подвздошной кости, которая получила распространённость [114]. Несмотря на то, что технически проведение PLIF значительно сложнее проведения заднелатерального спондилодеза (когда костный трансплантат помещают между поперечными отростками позвонков), было выявлено, что задний межтеловой спондилодез поясничного отдела позвоночника имеет преимущество в увеличении скорости формирования спондилодеза на 85% по сравнению с заднелатеральным спондилодезом. Несмотря на это преимущество, техника не стала популярной из-за большого количества осложнений, связанных с большой кровопотерей, возможным повреждением дурального мешка, а также с возможной миграцией костного блока [44, 52, 97].

По причине технических сложностей повсеместное использование процедуры PLIF было ограниченным вплоть до 1990-х годов, тогда случился всплеск научно-технического прогресса по появлению изготовленных фабричным путем межтеловых имплантов. В то же время появился и новый инструментарий, облегчающий техническую сторону процесса установки межтелового кейджа из заднего доступа, это значительно увеличило распространённость и популярность данной процедуры среди хирургического

сообщества спинальных хирургов [53, 10, 69, 43]. Имплантируемые конструкции стали стандартом при формировании заднего межтелового спондилодеза для поддержания стабильности и необходимой высоты межтелового пространства до того момента, когда костный аутооттрансплантат не будет сращен с замыкательными пластинками смежных позвонков поясничного отдела позвоночника, сделав их единой костной структурой [54, 14, 214].

Первыми, опубликовавшими научную работу, посвященную ригидной межтеловой фиксации с применением специального инструментария, были американские ортопеды Wagner и Bagby, работавшие в клинике города Спокан штата Вашингтон. Они создали межтеловой кейдж с применением аутокости для формирования спондилодеза шейного отдела позвоночника у лошадей с «синдромом Воблера» [108]. Для этого они использовали перфорированный цилиндр из нержавеющей стали, заполняемый аутокостью, с помощью которого можно восстановить высоту межтелового пространства и достичь степени формирования спондилодеза в 88%. Этот имплант в последствии получил название «корзина Бэгби» [88]. После Butts занимался развитием идей вышеупомянутых исследователей; он выполнил биомеханическое тестирование двух установленных параллельно в режиме дистракции межтеловых имплантов так, чтобы при компрессии они обеспечивали стабильность позвоночно-двигательного сегмента [107]. Использование инновационных материалов, применяемых при производстве имплантов для спинальной хирургии, в «корзине Бэгби» привело к производству межтелового кейджа Бэгби и Куслиха [89]. Благодаря внедрению новых имплантов и обновленного инструментария клинические исходы выполнения PLIF разительно улучшились, а количество после- и интраоперационных осложнений уменьшилось. По некоторым данным, успешное формирование спондилодеза регистрируется более чем у 90% пациентов [203]. Распространение этой методики постоянно растет, многие авторы предложили использование различных видов костных трансплантатов, среди которых применение костной стружки, аутокости из гребня подвздошной кости, различные виды аллотрансплантатов [152, 208, 242].

Позднее широкое распространение и популярность приобрели также межтеловые кейджи, производство которых теперь происходит из различных материалов: титана, углеродного волокна, полиэфиркетона (PEEK); последние получили широкое распространение в нашей стране [5, 57, 102].

Однако, для получения необходимого пространства для установки заднего межтелового фиксатора необходимо получить достаточный доступ к пространству межпозвоночного диска, что иногда может быть сопряжено с повреждением дурального мешка и нервных корешков спинного мозга, особенно если это касается ревизионного оперативного вмешательства [27, 187, 116]. Также очень часто при выполнении PLIF происходит нарушение целостности обоих фасеточных суставов, что в свою очередь может привести к появлению послеоперационной нестабильности позвоночно-двигательного сегмента, если не выполнить заднюю стабилизацию [141, 218, 168].

Трансфораминальный межтеловой спондилодез поясничного отдела позвоночника (TLIF). Известен и другой хирургический подход, который служит для формирования межтелового спондилодеза, он также выполняется из дорзального доступа и используется для стабилизации и лечения дегенеративно-дистрофических заболеваний пояснично-крестцового отдела позвоночника после безрезультатного консервативного лечения [36]. J. Harms и H. Rolinger в 1982 году опубликовали исследование о клинических исходах применения костного трансплантата, внедренного в сетку из титана, который был установлен трансфораминально в пространство межпозвоночного диска у 41 пациента [144]. Свою технологию они назвали трансфораминальным поясничным межтеловым спондилодезом или TLIF (transforaminal lumbar interbody fusion), её выполнение связано с дистракцией межтелового пространства с помощью транспедикулярных винтов, которые должны быть проведены до момента установки межтелового кейджа [36]. При выполнении TLIF производится обширная фасетэктомия, что снижает воздействие на дуральный мешок и уменьшает риск его повреждения, тем самым уменьшая риск возможных неврологических послеоперационных осложнений [146, 220]. Выполнение

трансфораминального межтелового спондилодеза позволяет устанавливать имплант на уровне переднего или среднего сегмента межтелового пространства, что в свою очередь помогает восстановить поясничный лордоз [11, 15].

Многочисленные исследования были посвящены сравнению PLIF с TLIF исходя из клинических результатов и результатов формирования спондилодеза. Humphreys в своей работе в 2001 году сравнивал результаты 34 выполненных задних межтеловых поясничных спондилодезов с клиническими результатами у 40 пациентов, которым было выполнено оперативное вмешательство по методике TLIF [1]. В группе PLIF было выявлено 10 осложнений, 4 из которых были миграции межтелового кейджа, в другой группе осложнений зарегистрировано не было [122]. Park в 2005 г. сообщил о 7 из 99 прооперированных пациентов с осложнениями на фоне PLIF, по сравнению с отсутствием осложнений в группе с выполненным трансфораминальным межтеловым поясничным спондилодезом [117]. Более поздние исследования также продемонстрировали схожие результаты [118, 123, 112]. Меньшее количество научных работ посвящено изучению рентгенологических исходов методик PLIF и TLIF, однако в большинстве из них сообщается об отсутствии явных различий в скорости формирования спондилодеза [47, 38, 238].

Благодаря техническому прогрессу не только увеличилось число благоприятных исходов с формированием спондилодеза, но и повысилась безопасность их применения с одновременным упрощением техники установки заднего межтелового импланта [223]. В последствии дополнительная фиксация при PLIF или TLIF транспедикулярными винтами, как сообщалось, увеличивает скорость формирования спондилодеза и придает стабильности позвоночно-двигательному сегменту по сравнению с межтеловыми имплантами, установленными без таковой [121, 92].

Межтеловой спондилодез кейджем с билатеральной транспедикулярной фиксацией (спондилодез 360⁰). Для формирования спондилодеза 360⁰ пояснично-крестцового отдела позвоночника необходимо не

только выполнение стабилизации передней опорной колонны позвоночного столба, но и выполнение задней стабилизации. Выше были рассмотрены варианты формирования межтелового спондилодеза 180^0 , для выполнения которого используются импланты, внедряемые в межтеловое пространство на место удаленного межпозвоночного диска по технологиям PLIF и TLIF. Для того, чтобы выполнить «круговую» стабилизацию на 360^0 необходимо применение фиксирующей конструкции для задней опорной колонны позвоночника. Вариантом такой конструкции является транспедикулярная фиксация [46].

В конце 1970-х годов в иностранной литературе появилось новое название способа фиксации позвоночного столба - транспедикулярная фиксация. Первым, кто описал этот вид стабилизации позвоночника, был австрийский хирург Herrman в 1979 году [146]. Необходимо отметить, что в литературе имеются также и другие названия транспедикулярной фиксации, такие как *pedicle screw fixation*, *intrapeduncular screw fixation*, *pedicular fixation*, *interpeduncular fixation*, транспедикулярный остеосинтез, педикуло-корпоральный спондилодез [24, 49, 8, 73, 178]. Самым популярным названием данного типа фиксации в отечественной литературе является аббревиатура ТПФ [79, 68]. Основной проблемой и задачей исследователей был поиск разнообразных методик формирования заднего спондилодеза для более стабильной фиксации позвоночно-двигательных сегментов, используемых для улучшения исходов хирургического лечения заболеваний позвоночника [33]. В истории транспедикулярной фиксации выделяются различные направления ТПФ, можно выделить следующие основные типы транспедикулярных конструкций: наружная и внутренние стержневые конструкции, винтовая позвоночная конструкция, фиксация педикулярными пластинами и фиксация винтами из сплава титана [32, 172, 233].

История возникновения и развития методики транспедикулярной фиксации позвоночника связано с такими именами, как King, Boucher, Roy-Camille, Magerl, Dick, Kluger, Steffee, Wildburger, Arnold и др. Некоторые из них

развивали наружную транспедикулярную фиксацию [172], кто-то находил и разрабатывал методику введения винтов [103, 160], а кто-то разрабатывал и внедрял новые типы и разновидности пластин и фиксаторов [87, 81, 219, 161, 204, 213]; однако, все исследователи стремились к развитию методики транспедикулярной фиксации для выполнения задней стабилизации позвоночника.

Важным этапом развития ТПФ стало использование новых титановых сплавов в производстве ортопедических имплантов с конца 1980-х годов. В 1987 году американской фирмой «Stryker» разрабатывается система Diapason. Отличительной чертой данного импланта стала конструкция головки транспедикулярного винта с возможностью жесткого крепления стержня с помощью специального блокиратора [221]. Данная техническая разработка метода соединения головки транспедикулярного винта и стержня послужила для развития современных имплантов, применяемых при ТПФ. Важно отметить, что совместно с ригидными транспедикулярными конструкциями, необходимыми для формирования заднего спондилодеза, в начале 1990-х годов появились новое направление транспедикулярной фиксации - внедрение в практику динамических систем [35].

Быстрая эволюция транспедикулярной фиксации и клинические результаты проведенного хирургического вмешательства привели к тому, что системы ТПФ получили свое распространение в Российской Федерации [7, 13, 50, 37]. Первыми опытами применения пластин типа Roy-Camille, по некоторым данным, стали операции, проведенные в 1985–86 годах на базах клиник травматологии и ортопедии под руководством Г. С. Юмашева и А. А. Коржа [28, 35, 33]. С середины 90-х годов XX века развитие медицинских технологий и методик выполнения внутренней ТПФ развивается настолько быстрыми темпами, что теперь становится доступна в различных регионах нашей страны, с применением как импортных, так и российских фиксаторов для проведения транспедикулярной фиксации [17, 72].

Сравнение результатов применения PLIF и PLIF с добавлением билатеральной транспедикулярной фиксации приведено в статье японских авторов Nakai et al. ; рекомендовано использование спондилодеза 360⁰ (PLIF+ билатеральная транспедикулярная фиксация) для ригидной стабилизации позвоночно-двигательного сегмента [197].

Нou Y. et al отмечают в своем исследовании, что применение жесткой транспедикулярной фиксации совместно с использованием межтелового спондилодеза кейджем обеспечивают жесткую стабилизацию оперированного сегмента позвоночника, что, в свою очередь, может вызвать возникновения синдрома смежного уровня [239].

Исследование, выполненное Grob и Batanusz в 2009 году, показывает незначительную разницу в клинических результатах в ходе двухлетнего наблюдения. Хотя интраоперационная кровопотеря и более продолжительное время операции у группы пациентов, которым выполнялась транспедикулярная фиксация по сравнению с трансламинарной винтовой фиксацией. Всего в исследовании участвовало 120 пациентов (57 - для первой группы, 63 - для второй группы), разделенные на группы по виду примененной винтовой фиксации [84].

Исходя из работы Nayak, опубликованной в Spine Journal в 2013 году, применение ригидной «круговой» стабилизации позвоночно-двигательного сегмента поясничного отдела позвоночника может привести к миграции межтелового кейджа в передне-заднем направлении [100, 36].

В 2014 году австралийские хирурги опубликовали статью о применении малоинвазивной установки транспедикулярных винтов с использованием трансфораминального межтелового спондилодеза. В результате они разработали технику оперативного вмешательства, которая, по словам авторов, сводит к минимуму послеоперационную боль в области послеоперационной раны и возможность интраоперационного повреждения дурального мешка и невралных структур позвоночного канала, обеспечивая при этом необходимую степень стабилизации позвоночно-двигательного сегмента [202].

В результатах своей работы 2019 года авторы Cheng-Fei Du и Meng-Si Sun из Китая отмечают биомеханическую стабильность оперированного сегмента после проведения межтелового спондилодеза с добавлением фиксации транспедикулярными винтами в отличие от выполнения межтелового спондилодеза исключительно [94].

В работе Suk SI описано сравнение двух групп пациентов, которым проводились декомпрессивно-стабилизирующие операции на поясничном отделе позвоночника при лечении спондилолистеза [1]. В первую группу вошли 40 пациентов, им была выполнена задняя стабилизация транспедикулярными винтами [36]. Второй группе из 36 пациентов был выполнен межтеловой спондилодез кейджем в дополнение к фиксации винтами. Исследователи пришли к выводу о необходимости применения как ТПФ, так и выполнения межтелового спондилодеза [85].

В 2018 году Wei Fan отмечает необходимость применения транспедикулярной фиксации после выполнения TLIF в условиях постоянной вибрации всего тела пациента. Это важно для тех случаев, когда пациент подвержен нагрузкам на позвоночный столб из-за сферы своей деятельности, получая постоянную транспортную или технологическую вибрационную нагрузку [136, 45].

Межтеловой спондилодез с унилатеральной транспедикулярной фиксацией (спондилодез 270⁰). Метод билатеральной транспедикулярной фиксации с применением межтелового кейджа с конца предыдущего столетия становится не только самым распространенным, но и самым надежным для выполнения ригидной фиксации при различных заболеваниях грудного и поясничного отделов позвоночного столба [33]. Однако, он может имеет ряд недостатков [90, 232, 244]:

- выраженную жесткую фиксацию позвоночно-двигательного сегмента;
- возможные дегенеративные изменения на смежном уровне;
- снижение скорости формирования спондилодеза;
- большую интраоперационную кровопотерю;

- дополнительные медицинские расходы, связанных с проведением оперативного вмешательства.

Suk первым опубликовал научную работу о сравнении билатеральной и унилатеральной транспедикулярной фиксации (УТПФ) в 2000 году. Основными выводами его исследования были: унилатеральная фиксация ничуть не проигрывает билатеральной транспедикулярной фиксации (БТПФ) в эффективности при формировании поясничного спондилодеза независимо от количества стабилизированных уровней. Однако он рассматривал только варианты одно- и двухуровневой стабилизации [229].

В последующие годы было проведено несколько работ о применении унилатеральной транспедикулярной фиксации, в которых описано применение данного типа фиксации совместно с применением межтелового кейджа [231, 110, 230, 196].

Биомеханические исследования показали, что унилатеральная ТПФ с межтеловым кейджем даёт возможность поддерживать стабильность, необходимую для формирования спондилодеза, и снижать нагрузку на стабилизированный уровень, а также на смежные к нему уровни пояснично-крестцового отдела позвоночника [3, 93, 132, 227].

Кроме того, многочисленные клинические исследования показали, что унилатеральное проведение транспедикулярных винтов также эффективно для формирования поясничного спондилодеза, как и применение билатеральной конструкции [155, 180, 224]. Однако первый вариант имеет явные преимущества: сокращение времени оперативного вмешательства, сокращение кровопотери и снижения стоимости системы транспедикулярной фиксации [188, 111, 113, 175, 226, 232, 115, 245]. В пятилетнем проспективном исследовании Toyone et al. выявлено, что у пациентов, которым была выполнена унилатеральная транспедикулярная фиксация, отмечается более низкая частота возникновения «синдрома смежного уровня», в отличие от пациентов, которым была установлена ТПФ с двух сторон [209, 154]. Существуют исследования, повествующие о меньшей стабильности системы унилатеральной фиксации [95,

99, 91, 164, 101]. В некоторых сообщениях говорится о том, что вследствие имеющейся асимметрии и сниженной прочности могут вызываться выраженный послеоперационный болевой синдром, нестабильность транспедикулярных винтов, возможная миграция межтелового кейджа, а также более низкая скорость формирования поясничного спондилодеза [83, 129, 230, 119].

1.4 Лазерные технологии в лечении дегенеративно-дистрофических заболеваний пояснично-крестцового отдела позвоночника

Роль лазеров в хирургии позвоночника. Лазер – это оптический квантовый генератор. На английском языке аббревиатура LASER расшифровывается как Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, что в переводе означает «усиление света в результате вынужденного излучения». Лазер представляет собой устройство, которое испускает электромагнитное излучение, в виде когерентного пучка. Лазеры охватывают широкий диапазон электромагнитного излучения от инфракрасного до ультрафиолетового. Биологическое воздействие лазера на жизненные функции человека определяется биологическими спектрами поглощения [74, 210, 243].

В хирургии позвоночника лазер наиболее широко применяется для дискэктомии [201, 163, 120]. Общая идея лазерной дискэктомии возникла в результате развития чрескожных методов лечения заболеваний позвоночника. Чрескожное удаление пульпозного ядра первым в 1989 году описал Nijikata в своём исследовании о 12-ти летнем применении данной методики [147]. Методика состояла из частичного удаления под местной анестезией межпозвоночного диска, используя заднелатеральный доступ. Kambin в 1983 году выполнил заднелатеральную дискэктомию с применением игры Крейга и специальных щипцов, которые были введены в межпозвоночный диск [157]. В исследовании, опубликованном в 1985 году Onik, сообщается о проведении чрескожной дискэктомии поясничного отдела позвоночника [193]. Примерно в это же время Ascher и Herrner начали применять лазер на углекислом газе для

лечения дегенеративных заболеваний межпозвоночного диска. Они измеряли давление внутри межпозвоночного диска до и после проведения лазерной нуклеоэктомии с помощью специального солевого манометра, расположенного в центре межпозвоночного диска. Исследователи пришли к выводу, что даже удаление небольшого фрагмента межпозвоночного диска может привести к значительному снижению давления внутри диска, тем самым уменьшая болевой синдром и воспаление [213]. В 1990 году Yonezawa et al. использовали лазер через иглу с двумя отверстиями [217]. В исследовании применялся датчик, способный измерять давление внутри межпозвоночного диска. В лазере типа КТР используется луч, который генерируется твердотельным лазером Nd: YAG и направляется через кристалл калия титанил фосфата (КТР). Впервые об использовании такого типа лазера для абляции межпозвоночного диска сообщил Liebler в 1993 году [165, 22].

В 1987 году Choу применял лазер в лечении патологии межпозвоночного диска в клинической практике [109]. Они исследовали пациентов с имеющейся несеквестрированной грыжей диска у пациентов с корешковой симптоматикой, соответствующей уровню патологии. Больные после проведения оперативного лечения, с выявленным спондилолистезом, а также с диагностированными дегенеративными стенозами латерального или центрального каналов, не были включены в исследуемую группу. Для оценки проведенного лечения использовались критерии MacNab [170]. Через 26 месяцев 78,4% пациентов оценили уменьшение боли, как хорошее или отличное. Важно отметить тот факт, что всем, кто оценил результаты проведенного лечения, как неудовлетворительные, было выполнено оперативное лечение согласно традиционному методу открытого хирургического вмешательства. В 1993 году Yeung сообщил о 84% хороших или отличных результатах при использовании лазера КТР при лечении заболеваний межпозвоночного диска [246]. Ohnmeiss собрал материал по 204 пациентам с выполненной декомпрессией межпозвоночного диска с помощью лазера в трех разных центрах. Было выявлено, что 70,7% пациентов имели «успешные результаты» [186]. В

исследовании также отмечается единодушное мнение оперирующих хирургов о том, что межпозвоночный диск для применения лазерной декомпрессии должен «не отвечать» на методы консервативного лечения, но дегенеративные изменения его не должны быть еще такими выраженными для необходимости оперативного лечения. Ahn в 2004 году описывала применение лазера в чрескожном удалении поясничного межпозвоночного диска при лечении рецидивирующей грыжи [198]. В результате этого исследования с применением оценочных критериев MacNab отмечается, что у 81,4% больных были зарегистрированы хорошие или удовлетворительные результаты. Лазер проводился через заднелатеральный доступ, что помогло избежать сложностей при прохождении через ткани, измененные рубцово-спаечным процессом. Одним из самых крупных исследований была работа, выполненная Savitz в 1998 году [205]. За 6 лет было выполнено 300 чрескожных дискэктомий с применением лазера. Авторы сообщают, что всего 2% пациентов потребовалось повторное оперативное лечение. Из послеоперационных осложнений отмечались боль в области оперативного вмешательства (5%) и один случай гематомы паравертебральной области поясничного отдела позвоночника. Savitz объясняет безопасность описанной методики возможностью визуализации межпозвоночного диска и нервных структур через отверстие в канюле. Для повышения безопасности чрескожной дискэктомии с применением лазера Jako и Cselik разработали высокоинтенсивный лазер со светодиодом с длиной волны 980 нм для использования с системой компьютерной навигации с проведением предоперационной компьютерной томографии (КТ) [74]. Исследование показало, что навигация по реконструированной компьютерной томографии уменьшила дозу общего интраоперационного облучения, ограничив необходимость непрерывной рентгеноскопии с помощью С-дуги. Работа носила экспериментальный характер с использованием свиней в качестве лабораторных животных. Ahn применял лазер и эндоскопические щипцы для проведения чрескожной фораминомии на уровне L5-S1 [192]. В 2015 году Li опубликовал исследование по применению нового инструментария использования лазера для

выполнения фораминотомии [185]. Эксперимент включил в себя 134 наблюдения; в качестве результатов авторы отмечают, что выполнение лазерной заднелатеральной фораминотомии несет в себе ряд преимуществ по сравнению со стандартной методикой микродискэктомии, а именно: отсутствие общей анестезии, отсутствие повреждения невралжных структур и редкость послеоперационных инфекционных осложнений. Это одно из немногих исследований, в котором авторы применяют лазерные технологии в лечении дегенеративно-дистрофических заболеваний пояснично-крестцового отдела позвоночника для выполнения декомпрессии невралжных структур, если не брать в расчёт применение лазера для выполнения дискэктомии [36].

Согласно обзору литературы Patel и Singh, выполненном в 2018 году, основанном на ретроспективном анализе 65 исследований, наиболее распространенный уровень, на котором выполнялась лазерная чрескожная дискэктомия, был уровень L5-S1 практически в половине зарегистрированных случаев (47,4 %) [191]. Отмечалось выраженное уменьшение болевого синдрома со среднего 7,6 до проведения процедуры по визуально-аналоговой шкале (ВАШ), до 3,7 по ВАШ при двухнедельном наблюдении [1]. В результатах своей работы авторы отмечают необходимость проведения надлежащего отбора пациентов и определения четких показаний к выполнению данной методики малоинвазивного лечения.

Доказательные данные о применении лазерных технологий в хирургии позвоночника несколько ограничены. Для лечения дегенеративно-дистрофических заболеваний пояснично-крестцового отдела позвоночника необходимо определить четкие показания к оперативному вмешательству, подбору пациента и применению того или иного типа используемого лазера [36]. В современной литературе встречается много исследований, посвященных проведению лазерной чрескожной дискэктомии, но не было обнаружено работ, в которых применялись лазерные технологии для выполнения остеоперфорации дугоотростчатых суставов в хирургии пояснично-крестцового отдела позвоночника. Исходя из вышеописанных данных применение лазера в хирургии

позвоночника может рассматриваться, как перспективное направление, требующее детальных исследований для определения четких показаний к применению, определения и усовершенствования методики оперативного лечения.

Резюме

В современной литературе обнаружится всё больше и больше противоречивых клинических результатов относительно применения метода унилатеральной транспедикулярной винтовой фиксации вместе с выполнением межтелового спондилодеза в лечении заболеваний пояснично-крестцового отдела позвоночника. Проблема использования вышеупомянутого метода фиксации остается малоизученной, в особенности, если говорить о применении односторонней ТПФ без внедрения межтелового кейджа (Спондилодеза 90^0). Актуальность данного вопроса достаточно высока, так как использование этого метода хирургического лечения может нести в себе ряд преимуществ:

- снижение экономических издержек;
- меньшую интраоперационную кровопотерю и травматизацию;
- более скорую послеоперационную реабилитацию;
- уменьшение механической нагрузки на стабилизированный сегмент позвоночника;
- более низкую частоту возникновения синдрома «смежного уровня»;
- снижение времени оперативного вмешательства;
- сокращение времени формирования заднего спондилодеза.

Учитывая все вышеперечисленное, необходимо дальнейшее изучение вопроса об унилатеральной транспедикулярной фиксации без выполнения межтелового спондилодеза (спондилодеза 90^0) для внедрения этого метода хирургического лечения в клиническую практику после определения четких показаний к ее применению и выполнения биомеханического моделирования этого типа стабилизации позвоночно-двигательного сегмента.

Возможности лазерного воздействия очень широкие, однако они до конца не изучены, и, в связи с этим, используются ограниченно и не реализуют всех имеющихся потенциальных возможностей. Нет четких показаний ни относительно характера патологии, ни относительно субстрата воздействия, ни относительно доступа для проведения световода, ни относительно оптимальных режимов.

В отношении выбора варианта фиксации тоже нет единого мнения. В последнее время все больше внимания уделяют малоинвазивным методикам. Билатеральная транспедикулярная фиксация по сравнению с унилатеральной более травматична, приводит к жесткой фиксации, в результате которой повышается вероятность развития синдрома смежного уровня и локального остеопороза, однако необходимо, чтобы выполнение более щадящей унилатеральной транспедикулярной фиксации не было в ущерб ее стабильности и надежности. Поскольку сегодня убедительной доказательной базы относительно преимуществ унилатеральной транспедикулярной фиксации нет, а также не обоснованы в достаточной степени показания к ее применению, эта операция не нашла широкого распространения, и многими вообще не рассматривается как вариант хирургической тактики.

Указанные обстоятельства послужили обоснованием для выполнения данного исследования.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Дизайн исследования

Исследование было разделено на два этапа. Первый этап включал в себя выполнение биомеханического моделирования позвоночно-двигательных сегментов для сравнения билатеральной и унилатеральной транспедикулярной фиксации без внедрения межтелового импланта, в ходе второго этапа проведено клиническое исследование.

Проспективное, рандомизированное исследование 60 пациентов было запланировано и проведено в клинике травматологии, ортопедии и патологии суставов Университетской Клинической Больницы №1 ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) в 2020-2022 годах, всем пациентам выполнялось оперативное лечение, в объеме декомпрессивно-стабилизирующей операции на пояснично-крестцовом отделе позвоночника по поводу одноуровневого дегенеративно-дистрофического заболевания позвоночно-двигательного сегмента. Получено одобрение этического комитета ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) №04-20 от 11.03.2020г. Исследование было зарегистрировано в системе ClinicalTrials.gov (ID от 04.2020 №: NCT04415814).

2.2 Характеристика исследуемых групп

Критерии включения пациентов в исследование:

1. Возраст пациента от 18 лет до 55 лет
2. Пациенты с диагностированными одноуровневыми дегенеративно-дистрофическими заболеваниями пояснично-крестцового отдела позвоночника (грыжа межпозвоночного диска, латеральный стеноз позвоночного канала, нестабильность 1 степени [34])

3. Неэффективность консервативного лечения в течении 3 месяцев. Боль в пояснице и в нижней конечности, не купируемая приемом НПВС (более 70 мм по шкале ВАШ) и показатель индекса Oswestry (более 70%).

4. Возможность динамического наблюдения во время всего срока исследования (12 месяцев)

5. Способность пациента адекватно выполнять назначения врача и готовность к сотрудничеству

6. Наличие подписанного информированного согласия на участие в исследовании и на проведение оперативного лечения по выбранной методике.

Критерии невключения пациентов в исследование:

1. Наличие противопоказаний к оперативному лечению
2. Диагностированный стеноз центрального канала
3. Диагностированная двухсторонняя корешковая симптоматика

Критерии исключения пациентов из исследования:

1. Отказ пациента от дальнейшего участия в исследовании
2. Несоблюдение пациентом режима, назначенного врачом

На основании вышеупомянутых критериев исследования было отобрано 60 пациентов со стенозом и грыжей межпозвоночного диска на разных уровнях (L3-L4, L4-L5, L5-S1). Пациенты были рандомизированы методом случайных чисел с помощью компьютерной программы в отношении 1:1:1 на три равные группы.

Всем пациентам было выполнено оперативное лечение- декомпрессивно-стабилизирующая операция на пояснично-крестцовом отделе позвоночника с необходимым уровнем декомпрессии с пораженной стороны и задней стабилизацией позвоночно-двигательного сегмента:

- для группы 1 - Билатеральная транспедикулярная фиксация
- для группы 2 – Унилатеральная транспедикулярная фиксация
- для группы 3 – Унилатеральная транспедикулярная фиксация, дополненная лазерной остеоперфорацией фасеточного сустава с контрлатеральной стороны

После предоперационного обследования пациентам были сообщены результаты распределения по группам, разъяснены этапы и особенности хирургического лечения в каждой из групп. Операция, в соответствии в распределенными группами транспедикулярной фиксации, была выполнена после подписания информированного согласия и госпитализации пациентов в клинику травматологии, ортопедии и патологии суставов Университетской Клинической Больницы №1 ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет).

В исследование были включены три группы пациентов общим числом 60 человек: 34 женщины (57%) и 26 мужчин (43%) (Рисунок 3).

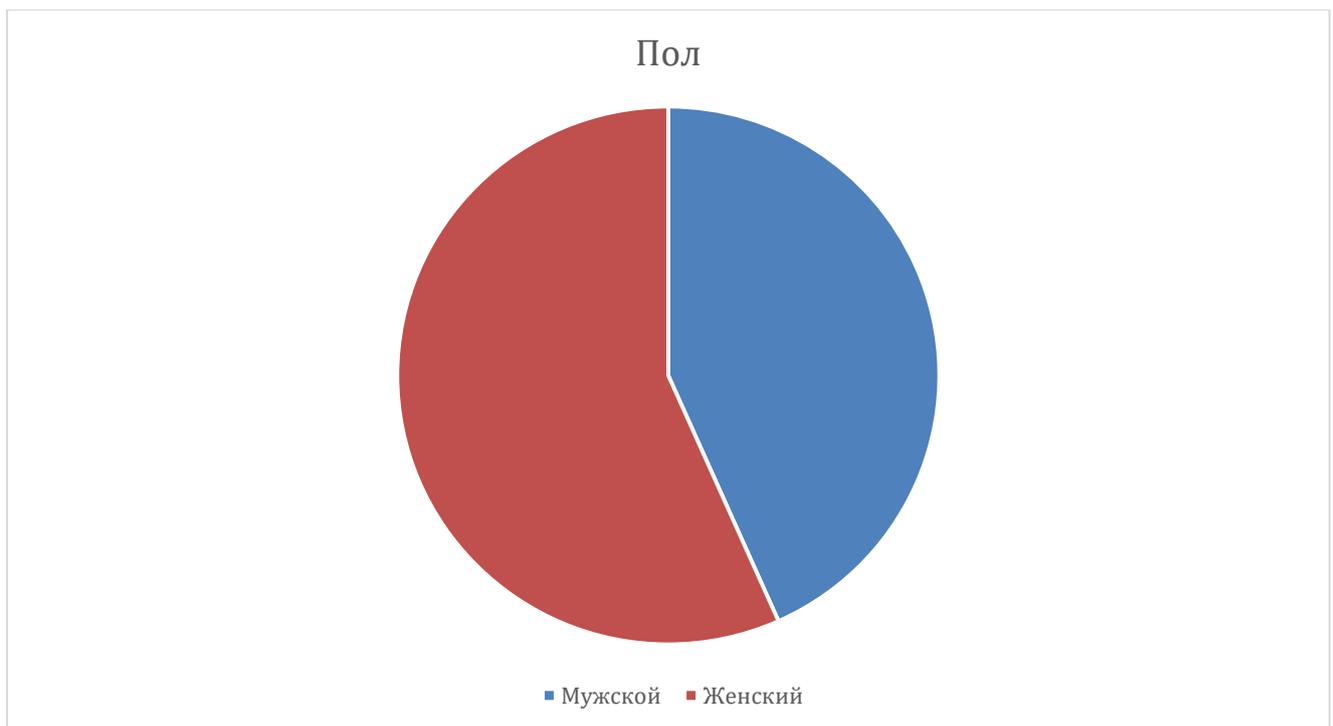


Рисунок 3 - Распределение пациентов по полу

При поступлении всем пациентам были измерены антропометрические данные. Результаты измерения были занесены в базу данных, где был вычислен индекс массы тела по формуле $ИМТ = \frac{\text{вес(кг)}}{\text{рост}^2}$.

Ниже в приведены распределения по возрасту, росту, весу и индексу массы тела (ИМТ) для всех пациентов включенных в исследование.

Возраст пациентов составил от 19 до 53 лет, средний возраст пациентов составил $36,3 \pm 6$ лет. Для первой группы пациентов средний возраст составил $36,4 \pm 6,00$ лет для второй группы – $35,5 \pm 6,09$ лет и $36,6 \pm 6,18$ лет для третьей группы пациентов соответственно (рисунок 4). Статистически значимых различий между группами по возрасту выявлено не было (ДИ 95%, $p > 0,05$).

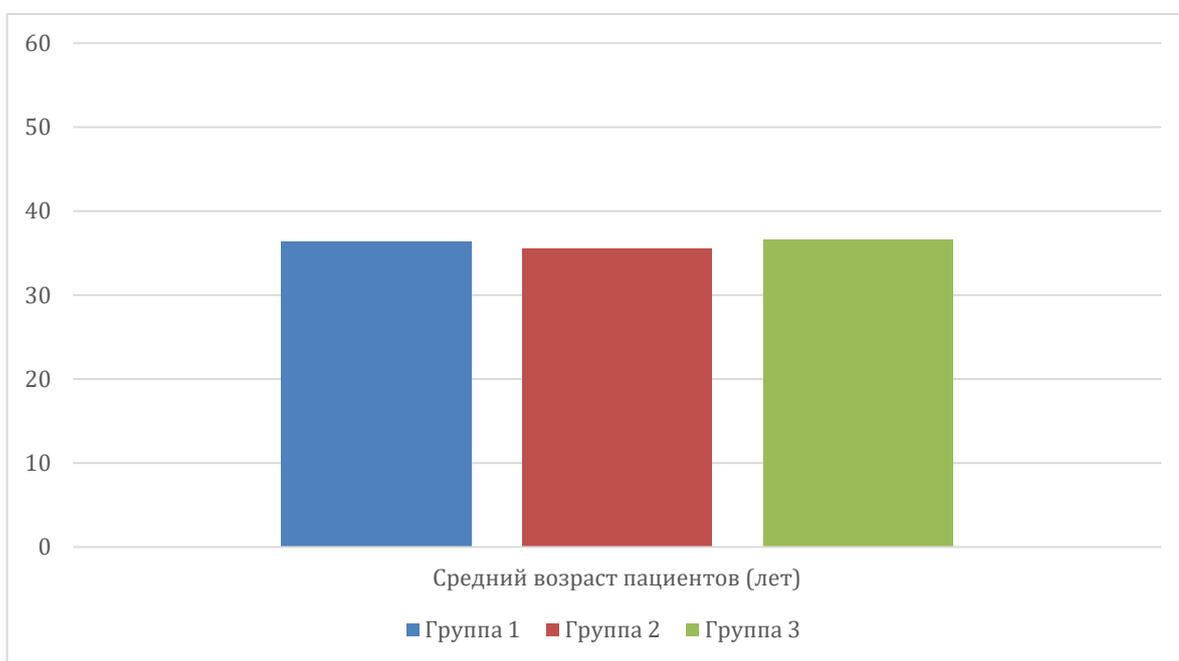


Рисунок 4 – Средний возраст пациентов исследуемых групп

Средний рост всех пациентов составил $171 \pm 6,6$ см, от минимального в 160 см до максимального в 186 см (рисунок 5). В первой и второй группах средний показатель роста в см составил $171 \pm 7,1$ и $171,2 \pm 6,3$ соответственно. Значение среднего роста для пациентов третьей группы составило $171 \pm 6,9$ см. Подробнее можно ознакомиться ознакомиться на рисунке №6. Статистически значимых различий между группами по росту выявлено не было (ДИ 95%, $p > 0,05$).

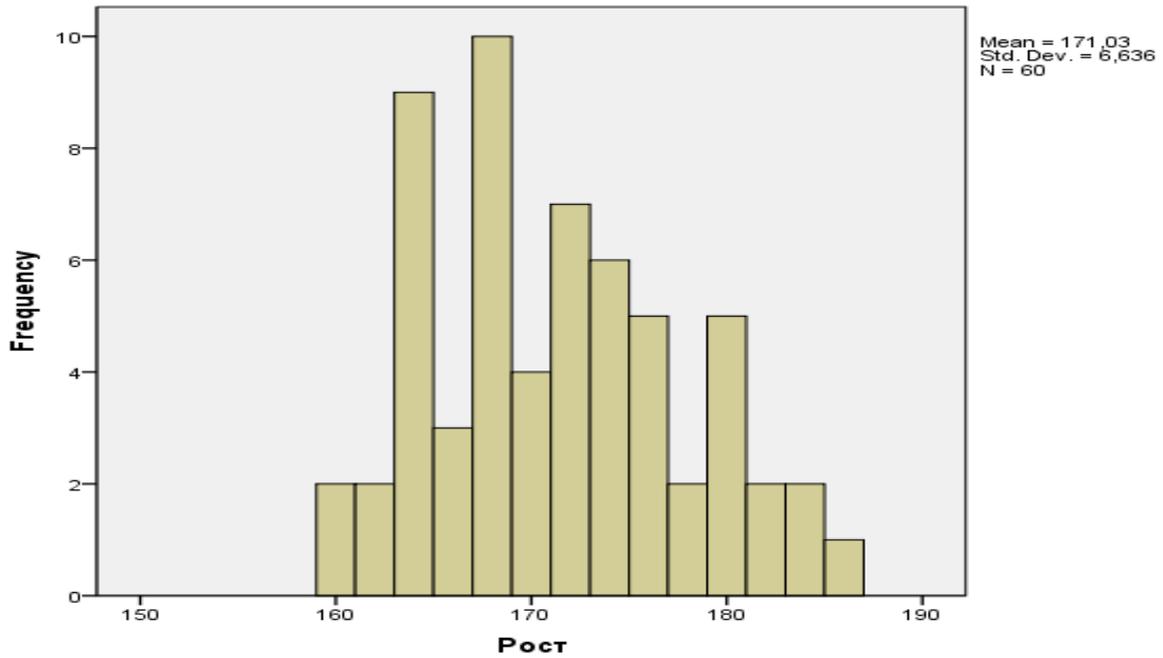


Рисунок 5 - Частотная гистограмма распределения пациентов по росту

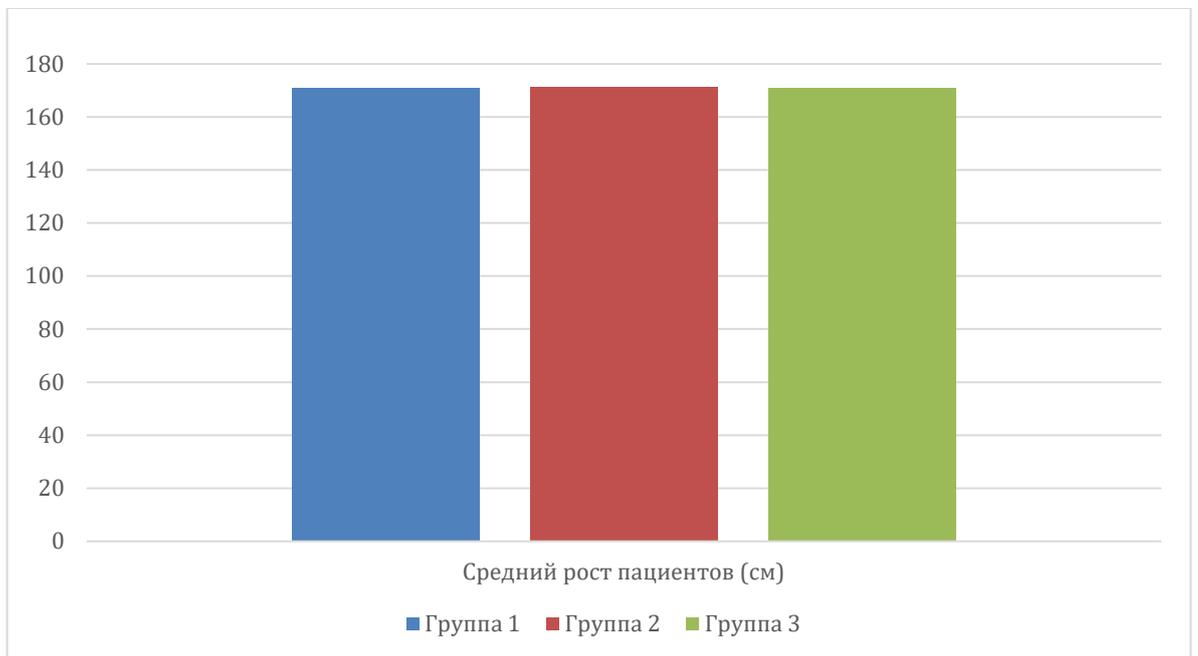


Рисунок 6 - Средний рост пациентов исследуемых групп

Средний вес всех исследуемых пациентов составил $81,2 \pm 6,79$ кг (от 70 до 98) (Рисунок 7). Для пациентов, вошедших в группу билатеральной фиксации

(группа 1), средний вес составил $80,7 \pm 7,14$ кг. Для второй группы пациентов, которым была выполнена унилатеральная транспедикулярная фиксация пояснично-крестцового отдела позвоночника этот показатель составил $81,8 \pm 7,12$ кг (вес). Средний вес $81,3 \pm 6,38$ кг был зарегистрированы у пациентов третьей группы (Рисунок 8). Статистически значимых различий между группами по весу выявлено не было (ДИ 95%, $p > 0,05$).

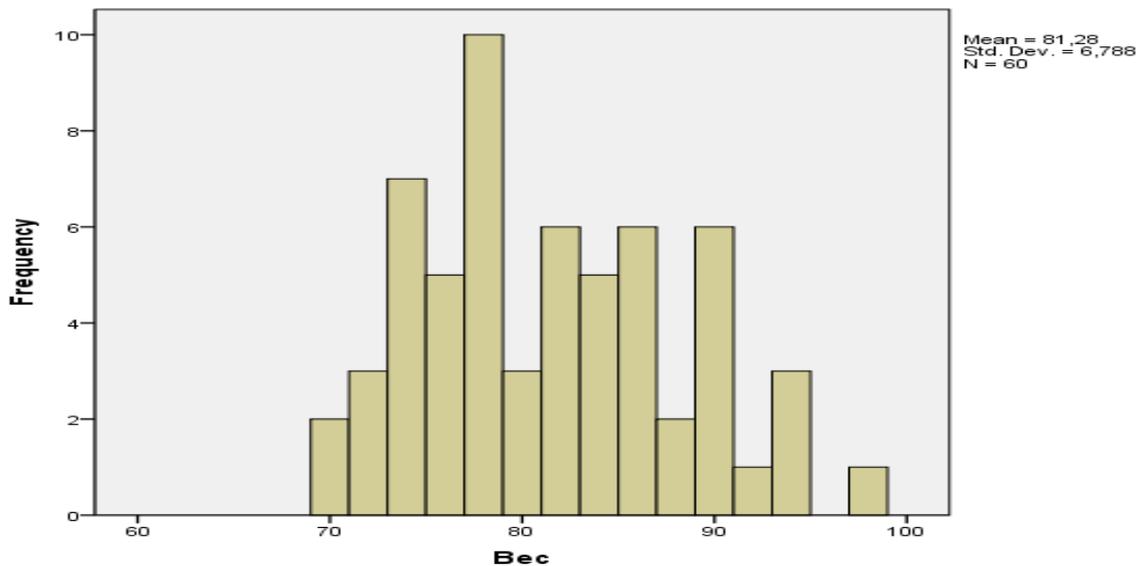


Рисунок 7 - Частотная гистограмма распределения пациентов по весу

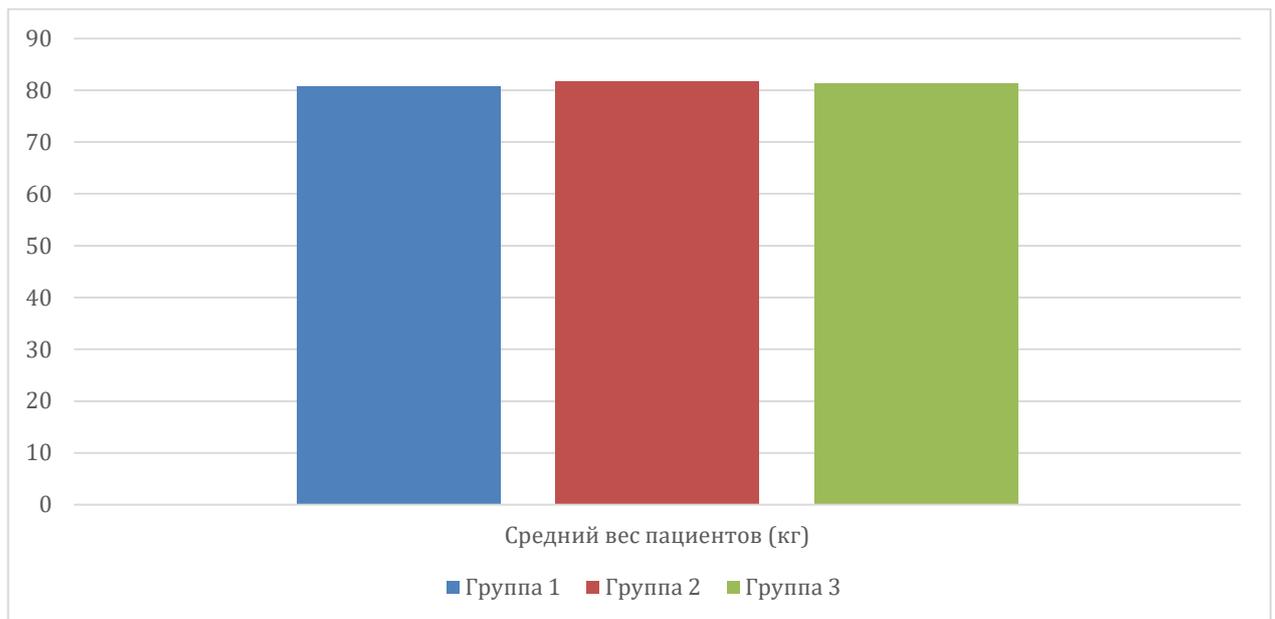


Рисунок 8 - Средний вес пациентов исследуемых групп

Средний индекс массы тела во всех исследуемых группах составил $27,76 \pm 1,26$ кг/м²(рисунок 9). Для первой группы пациентов этот показатель составил ИМТ $27,58 \pm 1,60$ кг/м². Для пациентов группы унилатеральной транспедикулярной фиксации средний ИМТ составил $27,90 \pm 0,98$ кг/м². Средний ИМТ для группы 3, которым была выполнена унилатеральная транспедикулярная фиксация совместно с лазерной остеоперфорацией фасеточного сустава с контрлатеральной стороны составил $27,8 \pm 1,16$ кг/м²(Рисунок 10). Статистически значимых различий между группами по среднему ИМТ не было выявлено (ДИ 95%, $p > 0,05$).

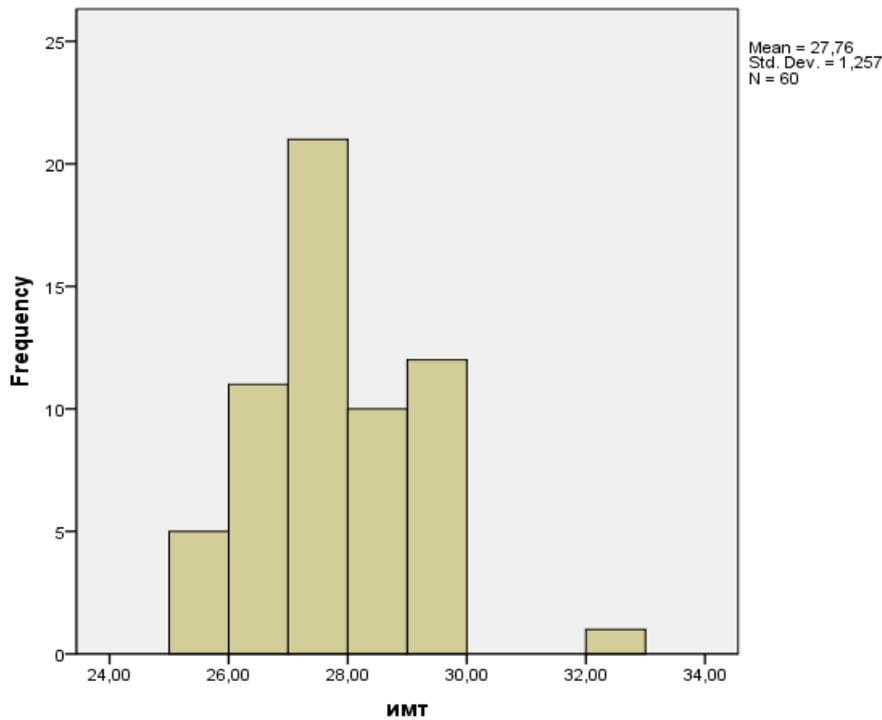


Рисунок 9 - Частотная гистограмма распределения пациентов по ИМТ

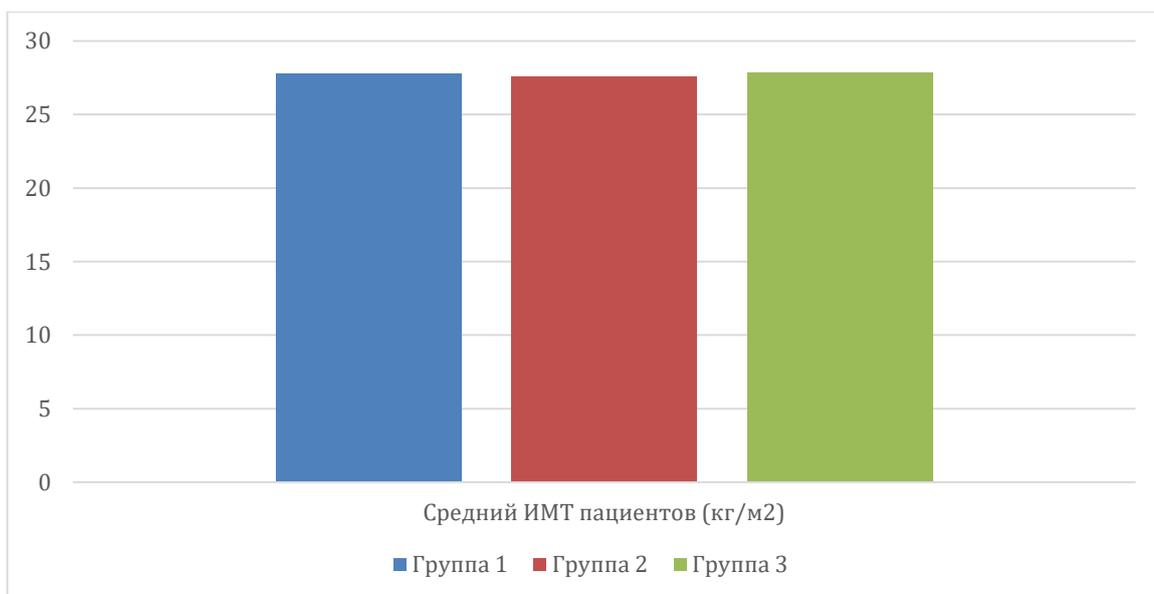


Рисунок 10 – Средний ИМТ пациентов исследуемых групп

2.3 Методы обследования

2.3.1 Клиническое обследование

У всех пациентов наблюдались болевые ощущения в поясничной области (вертеброгенный болевой синдром), у большей части от 86,6% болевой синдром иррадирует в нижние конечности (корешковый синдром).

Большее половины пациентов (65%) для уменьшения болей и увеличения ощущения устойчивости в нижних отделах спины использовали различные корсеты.

Проявление болевого синдрома очень разнообразно это и интенсивные «резкие» боли и затяжные «ноющие», боли, связанные с движением или возникающие в статическом положении.

Нарушения статодинамической функции диагностируют у всех пациентов трех групп они распространяются на поясничную область и нижние конечности. В 100% случаев наблюдается ограничения в поясничном отделе позвоночника в

плане движения (наклоны вперёд и назад) во всех случаях наблюдалось нарушение кривизны нижней части позвоночника.

Неврологическая симптоматика у пациентов 3-х групп проявлялась примерно одинаково. Корешковая радикулопатия, связанная со сдавлением корешков спинного мозга, проявлялись у всех пациентов. Однако, клиническое проявление корешкового синдрома у было различно. Во всех группах преобладали нарушения по типу гипестезии (до 75%) (Рисунок 11)

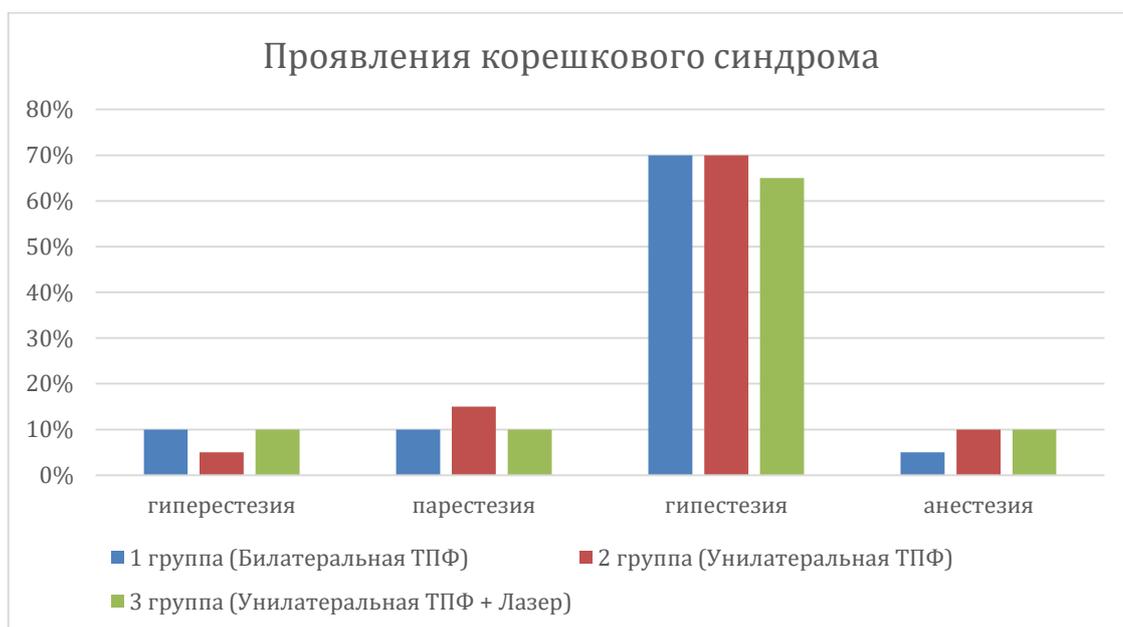


Рисунок 11 - Распределение групп по нарушению чувствительности

Другие неврологические нарушения проявлялись в основном снижением рефлексов (до 65%) и снижением силы мышц (до 70%) (рисунок 12). Статистически значимых различий между группами исходя из клинического обследования выявлено не было (ДИ 95%, $p > 0,05$)

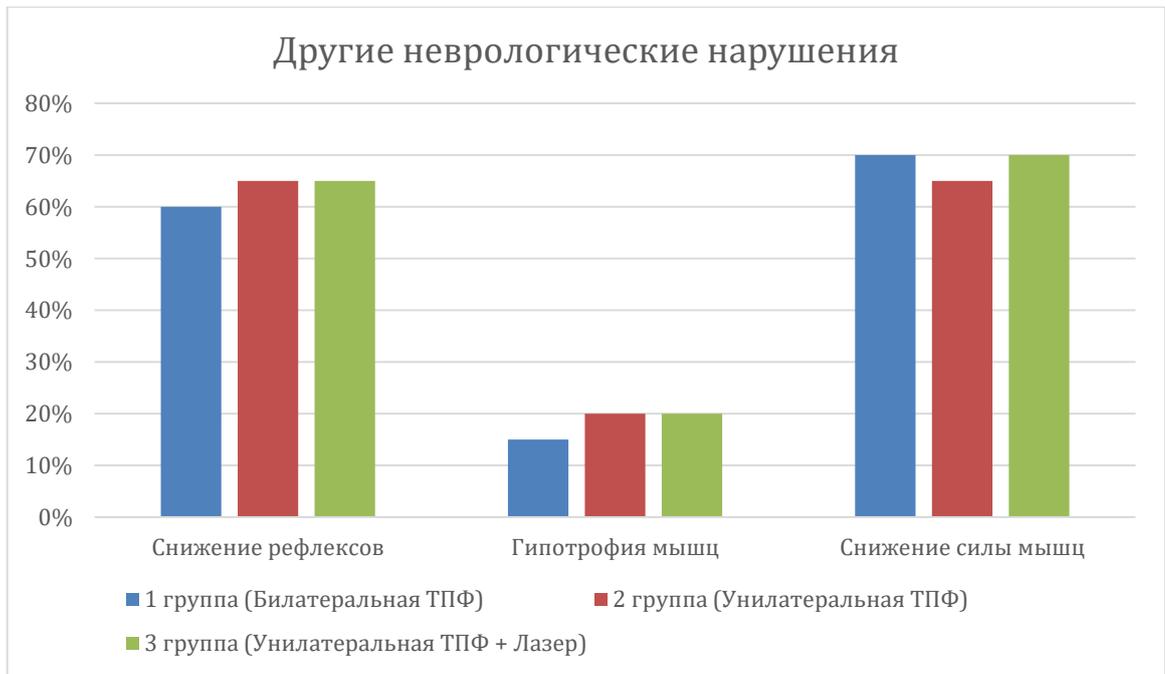


Рисунок 12 - Другие неврологические нарушения

Для пациентов трех групп сопоставлялись данные анамнеза, данные клинического осмотра и данные инструментальных методов обследования. По этиологии патологии пояснично-крестцового отдела позвоночника среди исследуемых пациентов преобладает латеральный стеноз позвоночного канала (37 пациентов). Так же у 38,33% пациентов (23 человека) диагностирована грыжа межпозвоночного диска. Исходя из локализации дегенеративно-дистрофических изменений можно отметить разделение на три уровня пояснично-крестцового отдела позвоночника: уровень L3-L4, уровень L4-L5, уровень L5-S1. Среди исследуемых пациентов не было зарегистрировано ни одной грыжи межпозвоночного диска на уровне L3-L4. Большая часть дегенеративно-дистрофических изменений была локализована на уровне межпозвоночного диска L4-L5 (58,33%), затем следует уровень L5-S1 (25%). Меньше всего пациентов с диагностированной патологией на уровне L3-L4 (16,66%). Подробнее можно ознакомиться на Рисунке 13.

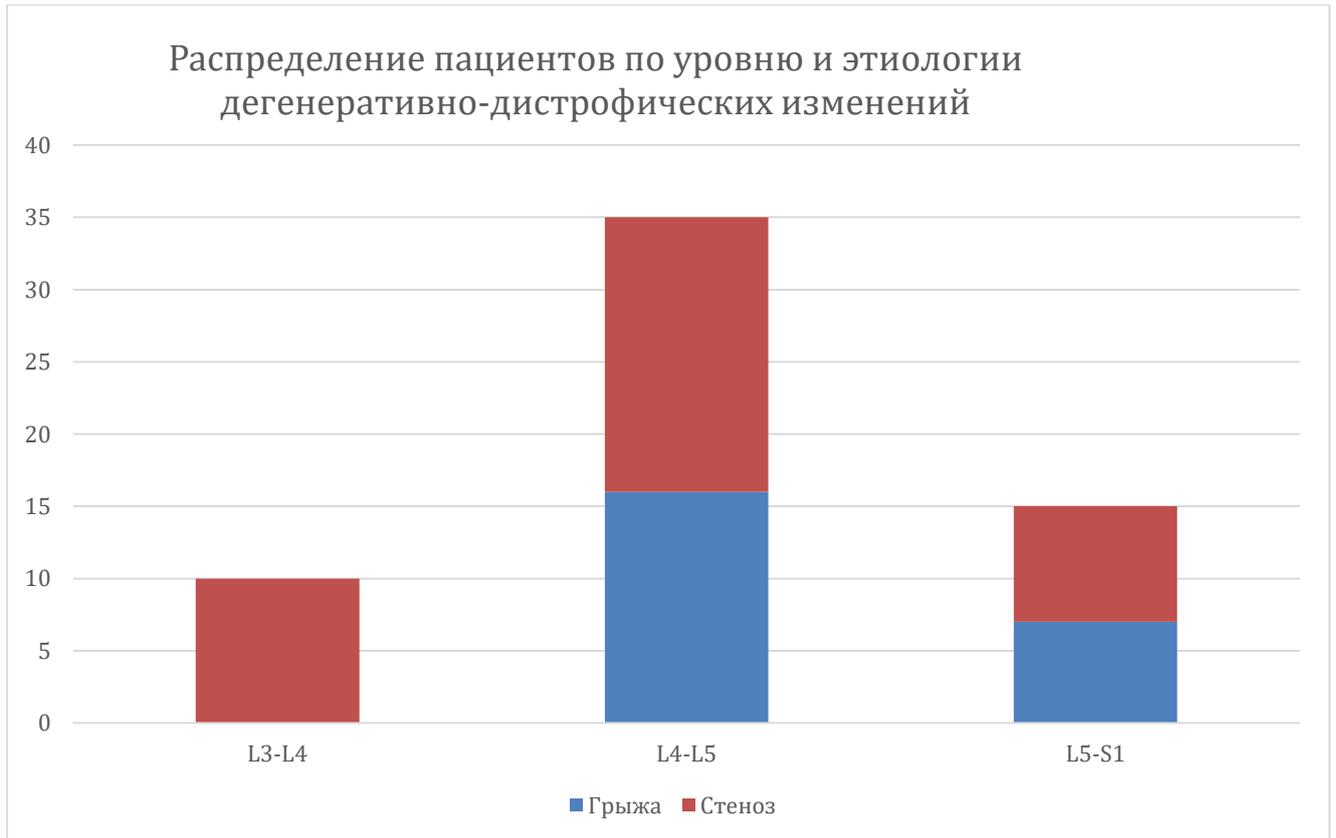


Рисунок 13 - Распределение пациентов по уровню и этиологии дегенеративно-дистрофических изменений

Уровень болевого синдрома оценивали по визуально-аналоговой шкале боли (ВАШ). В соответствии с принятым регламентом болевой синдром в пояснице и нижней конечности оценивался:

- до оперативного вмешательства
- через 3 месяца после оперативного лечения
- через 6 месяцев после оперативного лечения
- через 12 месяцев после оперативного лечения

Данная методика субъективной оценки болевого синдрома заключается в том, что пациент самостоятельно отмечает на неградуированной линии длиной 100мм точку, которая, по мнению пациента, соответствует степени выраженности болевого синдрома. Граница линии с левой стороны соответствует определению

«нет боли», правая - «нестерпимая боль». Используется бумажная или пластмассовая линейка, на обратной стороне которой нанесены миллиметровые деления. Получив определенное значение, врач-исследователь заносит его в лист первичных данных.

В данной работе была использована следующая интерпретация баллов, полученных по визуально-аналоговой шкале боли:

- нет боли (0–5мм);
- слабая боль (5–24мм);
- умеренная боль (25–44мм);
- сильная боль (45–64мм);
- очень сильная боль (65–84мм);
- нестерпимая боль (85–100 мм).

К очевидным преимуществам визуально-аналоговой шкалы боли можно отнести ее удобство и простоту. При оценке болевого синдрома в динамике существенным считается ее изменение на 13 мм по сравнению с предыдущим результатом.

Что касается клинических исследований, то средний результат по ВАШ для первой группы составил $79,05 \pm 2,26$ и $84,82 \pm 1,40$, для боли в пояснице и нижней конечности соответственно, для второй группы средний результат был для боли в пояснице $79,82 \pm 1,94$, для боли в нижней конечности $84,65 \pm 1,23$. Результаты по шкале ВАШ в третьей группе до операции составили $79,25 \pm 2,55$ (пояснице) и $85,15 \pm 1,04$ (нижняя конечность). С результатами частотного распределения пациентов по боли в нижней конечности и пояснице можно познакомиться на рисунках 14 и 15 соответственно.

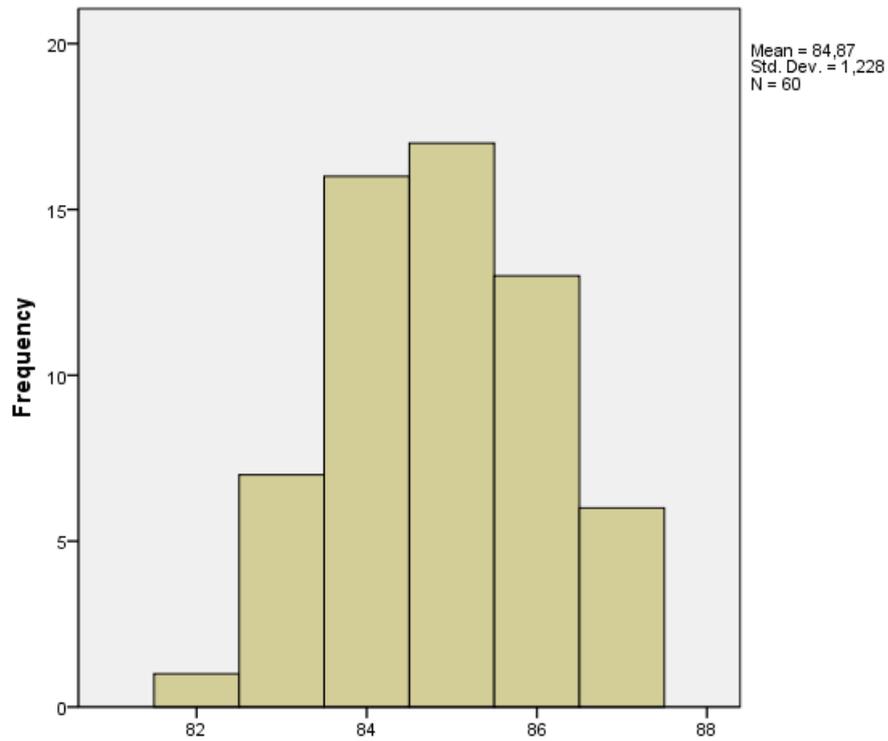


Рисунок 14 - Частотная гистограмма распределения пациентов по ВАШ боли в нижней конечности до операции

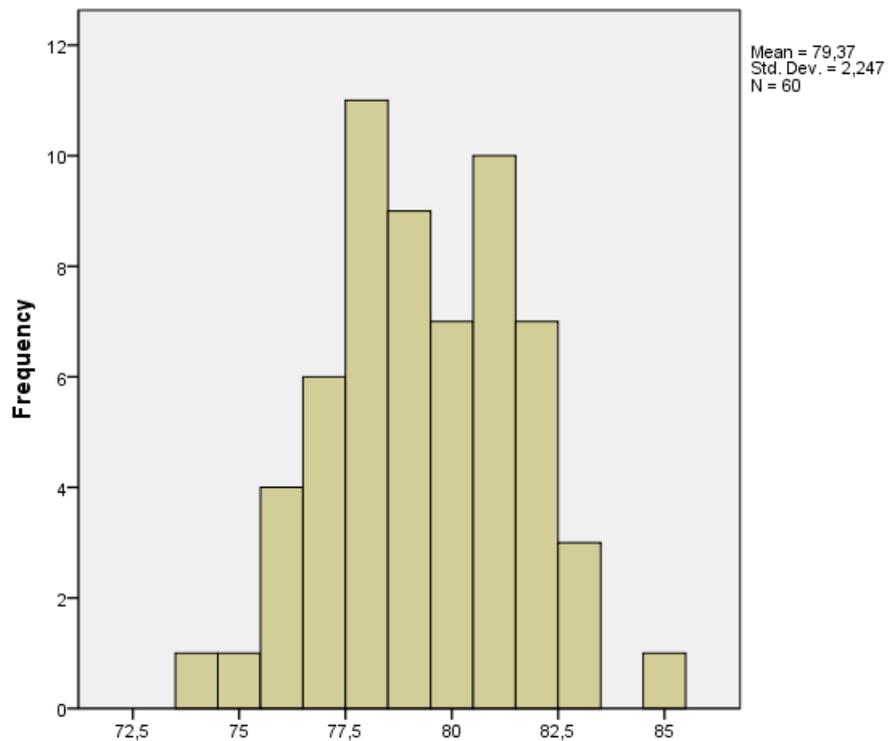


Рисунок 15 - Частотная гистограмма распределения пациентов по ВАШ боли в пояснице до операции

Для оценки нарушений жизнедеятельности при болях в нижней части спины использовался опросник Oswestry Disability Index (ODI) в те же самые временные интервалы:

- до оперативного вмешательства;
- через 3 месяца после оперативного лечения;
- через 6 месяцев после оперативного лечения;
- через 12 месяцев после оперативного лечения.

Oswestry Disability Index- индекс, который используется для оценки инвалидности при вертеброгенном болевом синдроме. Последняя версия опросника была опубликована в журнале Spine в 2000 году. Данная анкета содержит десять тем, которые оценивают интенсивность болевого синдрома, поднятия тяжестей, способности заботиться о себе, способности самостоятельно ходить, способности сидеть, половой функции, способности стоять, социальной жизни, качества сна, способности отправиться в путешествие. В каждой категории пациент отмечает одно из 6 утверждений: если пациент отмечает первое утверждение, то данный раздел оценивается в 0 баллов, если последнее, то в 5 баллов. Общий результат, при всех заполненных категориях, подсчитывается в соответствии со следующей формулой:

$$\text{результат (в \%)} = 100 \times \frac{\text{сумма баллов пациента}}{50(\text{максимально возможная сумма баллов})}$$

Если заполнены не все категории, то максимально возможная сумма баллов считается исходя из заполненных категорий, где пропуск одной категории вычитает 5 баллов из 50 максимально возможных.

Средний индекс Oswestry (ODI) перед проведением оперативного лечения в первой группе пациентов составил $85,6 \pm 3,24$, в группе унилатеральной фиксации (2 группа) – $86,9 \pm 3,62$, в третьей группе средний результат составил

85,3 ± 3,31. Частотная гистограмма по результатам индекса ODI представлена на рисунке 16.

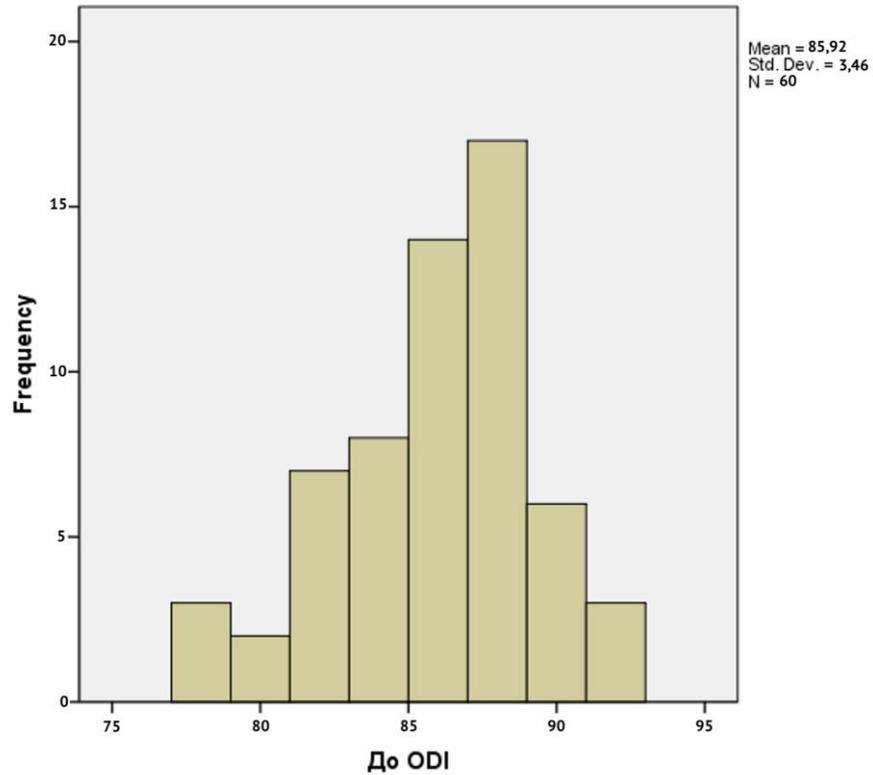


Рисунок 16 - Частотная гистограмма распределения пациентов по показателю ODI до операции

Группы так же подходят для сравнения по клиническим показателям, т.к. различия между группами статистически не значимы. Подробнее с результатами предоперационного обследования и статистической обработкой полученных результатов можно ознакомиться в таблице 1.

Таблица 1 - Сравнение числовых дооперационных характеристик в трех группах

Группа		Возраст (лет)	До ВАШ поясницы (мм)	До ODI (%)	До ВАШ нижней конечности (мм)	Рост (см)	Вес (кг)
Группа 1	M	36,4	79,05	85,6	84,82	171	80,7
	m	1,65	0,51	0,72	0,31	1,6	1,60
	σ	6	2,26	3,24	1,40	7,1	7,14
	Min	20	74	80	82	162	70
	Max	52	83	90	87	186	98
Группа 2	M	35,5	79,82	86,9	84,65	171,2	81,8
	m	1,60	0,43	0,85	0,27	1,4	1,59
	σ	6,09	1,94	3,62	1,23	6,3	7,12
	Min	21	76	78	83	160	72
	Max	53	83	92	87	182	94
Группа 3	M	36,6	79,25	85,3	85,15	171,0	81,3
	m	1,67	0,57	0,74	0,23	1,5	1,43
	σ	6,18	2,55	3,31	1,04	6,9	6,38
	Min	19	75	78	83	160	70
	Max	52	85	90	87	184	92
Всего	M	36,3	79,37	85,9	84,87	171,0	81,2
	m	1,62	0,29	0,44	0,16	0,9	0,88
	σ	6,07	2,25	3,46	1,23	6,6	6,79
	Min	19	74	78	82	160	70
	Max	53	85	92	87	186	98
p		0,568	0,558	0,289	0,425	0,995	0,870
p12		0,989	0,327	0,231	0,718	0,799	0,659
p13		0,383	0,989	0,82	0,383	0,968	0,659
p23		0,192	0,314	0,127	0,201	0,904	0,904

p- достоверность различия среднего в трех группах

p12- достоверность различий между первой и второй группой

p13- достоверность различий между первой и третьей группой

p23- достоверность различий между второй и третьей группой

2.3.2 Инструментальные методы диагностики

В работе использовались – рентгенография (в том числе компьютерная томография) и магнитно-резонансная томография.

Рентгенография. К прямым факторам рентгенологической диагностики поражения можно отнести наличие тени обызвествлений грыжи межпозвоночных дисков или её секвестра.

Рентгенологические проявления дегенеративно-дистрофических заболеваний пояснично-крестцового отдела позвоночника относят к косвенным факторам наличие грыж межпозвоночного диска.

Высоты дисков пораженного пояснично-двигательного сегмента сравниваются с высотами смежных межпозвоночных дисков, кроме этого, оценивается соотношение высот дисков и высот тел соседних позвонков для поражённого и непоражённого сегментов.

Снижение высоты межпозвоночных дисков оценивается также на боковой рентгенограмме пояснично-крестцового отдела позвоночника (рисунок 17).



Рисунок 17 – Рентгенологическое исследование

Рентгенография поясничного отдела позвоночника произведена всем пациентам в предоперационном периоде для выявления степени нестабильности позвоночно-двигательного сегмента. В исследование вошли пациенты у которых была диагностирована первая степень нестабильности патогномичного позвоночно-двигательного сегмента.

Магнитно-резонансная томография. Магнитно-резонансная томография (МРТ) позвоночника – метод диагностики заболеваний позвоночного столба, основанный на синхронизации магнитного момента атомов водорода, содержащихся в мягких тканях с внешним магнитным полем. В зависимости от патологий собственные магнитные поля тканей – различны. После отключения внешнего поля (исследовательского оборудования - томографа) атомы возвращаются из возбуждённого состояния в обычное с выделением энергии. Этот процесс записывается, оцифровывается и интерпретируется.

Используемый в МРТ диапазон электромагнитных волн не оказывает вредного воздействия на организм человека, в связи с этим отсутствуют ограничения на количество и продолжительность исследований, возможно проведение процедур при наличии постоянной или меняющейся динамической нагрузки причём в разных плоскостях с учётом физиологических особенностей позвоночника пациента.

Противопоказанием к использованию МРТ является только наличие различных имплантов, содержащих медицинскую сталь (кардиостимуляторы; кохлеарные импланты; эндопротезы, винты, спицы, проволока из стали)

При проведении томографии позвоночного столба, особенно важно отметить, что есть возможность проводить исследования и межпозвоночных дисков, и связок, и паравертебральных тканей и спинного мозга.

Однако, при всех достоинствах метода существует определённый уровень получения ложной информации за счёт ситуационного поведения пациента во время длительного исследования непосредственно во время проведения исследования, поэтому результаты должны соотноситься с общей клинической картиной. В работе был использован томограф Siemens Magnetom Aera 1.5 T.

Сагитальная плоскость позволяет спроецировать весь поясничный сегмент позвоночника, составить карту размеров и форм позвонков, дисков, выявить наличие патологий в том числе грыж, стенозов позвоночного канала. В сочетании с фронтальной проекцией появляется возможность определить параметры необходимых горизонтальных срезов, по которым уточняется характер патологии взаимосвязь различных элементов позвоночника, степень стеноза. Примеры грыж различной локализации представлены на рисунке 18.

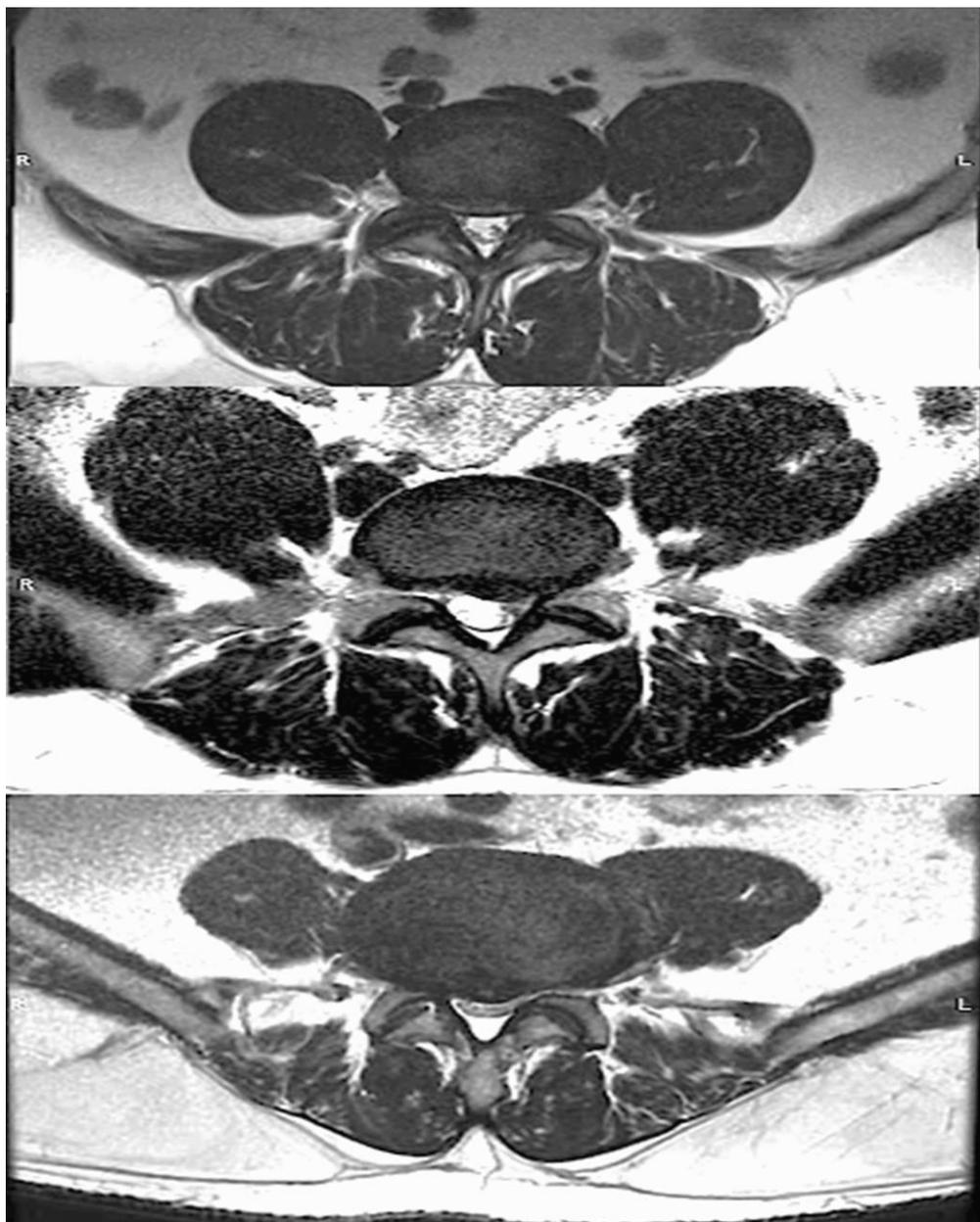


Рисунок 18 – Примеры грыж межпозвоночного диска различной локализации (МРТ)

Компьютерная томография. КТ пояснично-крестцового отдела позвоночника позволяет в высоком качестве визуализировать кости и суставы, а также неврологические нарушения, связанные с посттравматическими изменениями, и более конкретно:

- текстуру, строение, плотность костной ткани. Любые повреждения, опухоли и патологические изменения (в том числе остеохондроз позвоночника, метастазы);

- позвоночный канал и межпозвонковые отверстия;

- отростки позвонков;

- спинной мозг.

Применение КТ для диагностики дегенеративно-дистрофических заболеваний опорно-двигательного аппарата позволяет определить:

- остеохондроз;

- остеофиты;

- остеомиелит;

- спондилоартроз;

- остеопороз;

- дегенеративный спондилолистез.

Для диагностики мягких тканей (мышцы, хрящи) при грыжах и динамическом мониторинге их поведения лучше использовать МРТ.

Функциональная мультиспиральная компьютерная терапия (МСКТ) при максимальном и минимальном сгибании сегмента позвоночника для проверки симптомов нестабильности это – гипермобильность в позвоночном сегменте (иногда диагностируется спондилолизный спондилолистез т.е. деструкция в межсуставной части дужки), обусловленную дегенеративными изменениями или наоборот симптомов адинамии двигательного сегмента — т.е. резкое ограничение диапазона движений.

При МСКТ послойное сканирование объекта осуществляется по спиральной траектории, определяемой совместным движением стола и

излучателя. Этот метод позволяет сократить время исследования т.е. уменьшить лучевую нагрузку на пациента.

В исследованиях применялось оборудование Toshiba Aquillon для мультиспиральной компьютерная томография (МСКТ).

В результате проведённой контрольной МСКТ через 12 месяцев после оперативного лечения у пациентов групп II и III (Унилатеральная ТПФ и Унилатеральная ТПФ + Лазер) было оценено формирование анкилоза дугоотростчатого сустава с контрлатеральной стороны.

2.4 Статистическая обработка данных

Статистическая обработка полученных результатов предполагает группировку данных с последующим вычислением интенсивных и экстенсивных показателей, определение средней ошибки относительных величин, определение достоверности разности сравниваемых величин, коэффициента корреляции с помощью компьютерной программы SPSS Statistics 27.0.1.0 (IBM, SPSS Inc., США, Чикаго). Рассчитывали частотные гистограммы и величины статистических параметров, которые включали в себя:

- M - среднее арифметическое значение величины
- σ - среднеквадратичное отклонение
- m – величина ошибки среднего значения

Нормально распределенные непрерывные переменные сравнивались с использованием независимых t -тестов для непарных переменных, парного t -теста для парных (согласованных) переменных и одностороннего ANOVA для нескольких переменных. Для непараметрических данных использовали критерий Манна-Уитни.

На основании полученных и зарегистрированных результатов была сформирована база данных в компьютерной программе Microsoft Excel (США,

Вашингтон, 2019). Изменение данных во время последующего наблюдения и лечения были строго запрещены.

Для связи номинальных и числовых переменных использовали дисперсионный анализ, критерии Манн-Уитни. Для анализа изменений показателей в динамике использовали критерий Стьюдента. Статистически достоверными (статистически значимыми) считали различия при $p < 0,05$.

ГЛАВА 3. БИОМЕХАНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДИКИ УНИЛАТЕРАЛЬНОЙ И БИЛАТЕРАЛЬНОЙ ТРАНСПЕДИКУЛЯРНОЙ ФИКСАЦИИ НА УРОВНЕ ПОЯСНИЧНО-КРЕСТЦОВОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

В работе проводились модельные исследования механики деформируемого позвоночно-двигательного сегмента в случаях унилатеральной и билатеральной транспедикулярной фиксации, для сравнения результатов двух подходов, при решении дифференциальных уравнений, использовался метод конечных элементов.

Эти два методических подхода задней стабилизации позвоночных сегментов использовались при лечении одноуровневых дегенеративно-дистрофических заболеваний пояснично-крестцового отдела позвоночника.

Два метода стабилизации включали в себя билатеральную и унилатеральную фиксацию с использованием транспедикулярных систем, состоящих из транспедикулярного винта, стержня и блокиратора. Исследование проводилось в конечно-элементной модели L3-L4-L5, в которой применялась предварительная нагрузка 500 Н в сочетании с моментом 10 НМ. Две различные конечно-элементные модели были созданы путем принятия различных методов фиксации (Билатеральной и Унилатеральной транспедикулярной фиксации) L3-L4.

Для моделирования поясничного отдела позвоночника была создана 3D конечно-элементная модель с помощью ANSYS версии 11.0 (ANSYS Inc, Pennsylvania) с воссозданием как костных, так и связочных структур (рисунок 1). Для построения модели геометрия позвонков была принята с использованием данных компьютерной томографии (КТ) позвонков L3-L4. Свойства имплантов и тканей позвоночника указаны в таблице №2 [139].

Таблица 2 - Свойства имплантов и тканей позвоночника

Материал	Модуль Юнга, МПа	Коэффициент Пуассона
Кортикальная кость	12000	0,3
Губчатая кость	100	0,2
Межпозвоночный диск	5	0,49
Связки	15	0,3
Дугоотростчатый сустав	10	0,4
Имплантат (титан)	112000	0,3

Каудальные элементы тела L5 позвонка были прочно зафиксированы. Предполагалось, что все структурные единицы модели были идеально связаны. Коэффициент трения между поверхностями было принято считать равным нулю. Для моделирования веса вышерасположенного тела на верхнюю поверхность L3 была наложена сжимающая нагрузка в 500 Н. Для моделирования сгибания, разгибания, ротации был приложен момент 10 нм. Нагрузка на костные, связочные структуры и на импланты была зафиксирована в этих условиях для обеих моделей. Распределение выявленных напряжений использовалось для оценки внутренней механической силы между транспедикулярными винтами, стрежнями и блокираторами. Чем большая механическая сила была зарегистрирована, тем больше вероятность напряжения в металле и нарушения целостности использованной конструкции. Максимальное напряжение использовалось для прогнозирования несостоятельности металлоконструкции.

Задняя стабилизация выполнялась с помощью прямого стержня диаметром 5,5 мм, блокираторов и специализированных транспедикулярных винтов, их диаметр составил 6,5 мм, а длина 45 мм. Коэффициент трения между винтами, стрежнями и костью был установлен, как бесконечный. Конструкция была устойчиво ригидна. В модель с билатеральной транспедикулярной фиксацией винты устанавливались с двух сторон от остистых отростков на уровне L3-L4, в унилатеральной модели винты устанавливались слева на том же уровне. Для

выполнения послеоперационного моделирования изучены биомеханические особенности обоих конечно-элементных моделей.

Механические силы и тенденция к напряжению анализировались по распределению напряжений из различных состояний движения в обоих конечно-элементных моделях. Для отдельного исследования обоих типов фиксации было выполнено моделирование с получением различных моделей при осевой нагрузке, сгибании, разгибании и ротации при двух видах фиксации (унилатеральной и билатеральной). Распределение напряжений показало, что области, где напряжение накапливается под действием внешних векторов приложенной силы, различаются между обоими моделями.

Для модели унилатеральной транспедикулярной фиксации, предварительно сформированной в программе ANSYS Inc., было рассчитано распределение напряжения (рисунок 19).

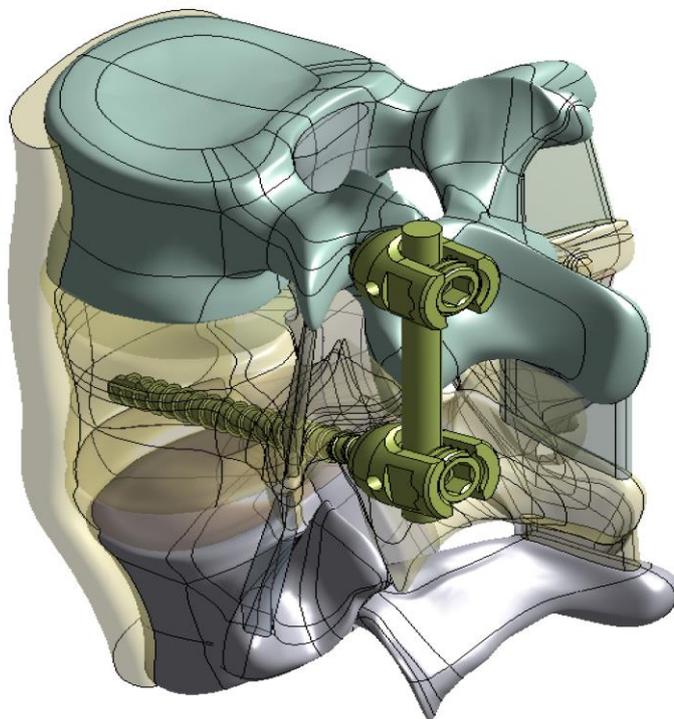


Рисунок 19 - Модель унилатеральной транспедикулярной фиксации

Напряжение в модели унилатеральной транспедикулярной фиксации при осевой нагрузке (рисунок 20), в основном, было сосредоточено в области балки

транспедикулярной системы фиксации (макс. $1,1439 \cdot 10^8$ Па), а также в области фасеточного сустава L4-L5 с фиксированной стороны, контрлатеральной ножки позвонка L3 и основания остистого отростка L5 позвонка (макс. $4,2546 \cdot 10^6$ Па). Стоит отметить и высокую нагрузку на фасеточный сустав L3-L4 с контрлатеральной стороны (макс. $6,9231 \cdot 10^5$ Па).

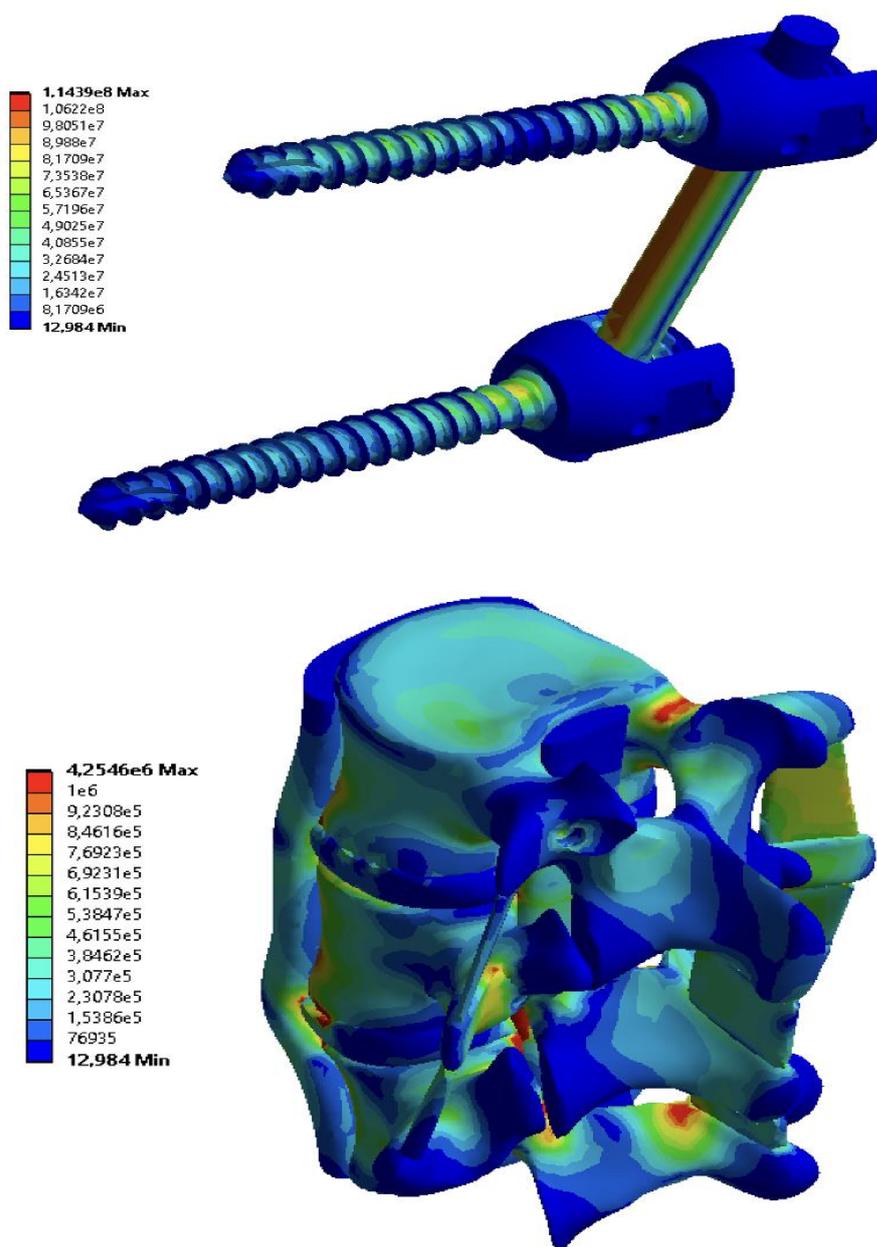


Рисунок 20 - Распределение напряжений при осевой нагрузке для унилатеральной транспедикулярной фиксации (для транспедикулярной системы и для позвоночно-двигательных сегментов)

Для сгибания в модели унилатеральной фиксации основное напряжение было зарегистрировано в смежном ниже расположенном фасеточном суставе с фиксированной стороны L4-L5 (макс. $6,1718 \cdot 10^7$ Па), напряжение в средней трети стержня нижнего транспедикулярного винта составило $4,3752 \cdot 10^7$ Па (Рисунок 21).

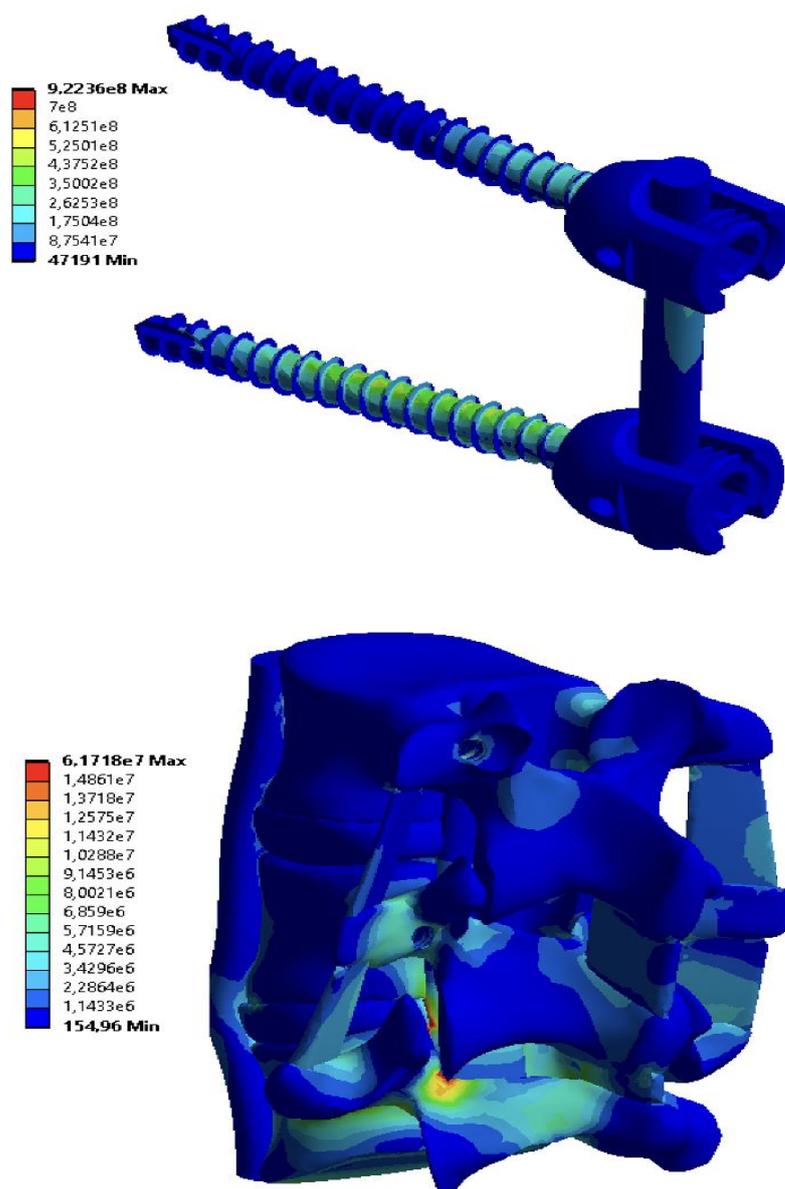


Рисунок 21 - Распределение напряжений при сгибании для унилатеральной транспедикулярной фиксации (для транспедикулярной системы и для позвоночно-двигательных сегментов)

Основное напряжение при моделировании разгибания для унилатеральной транспедикулярной фиксации было сконцентрировано в области дужки и основания остистого отростка L5 позвонка, фасеточного сустава L4-L5 и основания поперечного отростка нижнего фиксированного позвонка (L4) с оперированной стороны ($4,4861 \cdot 10^7$ Па). Подробнее с распределением напряжений можно ознакомиться на Рисунке 22.

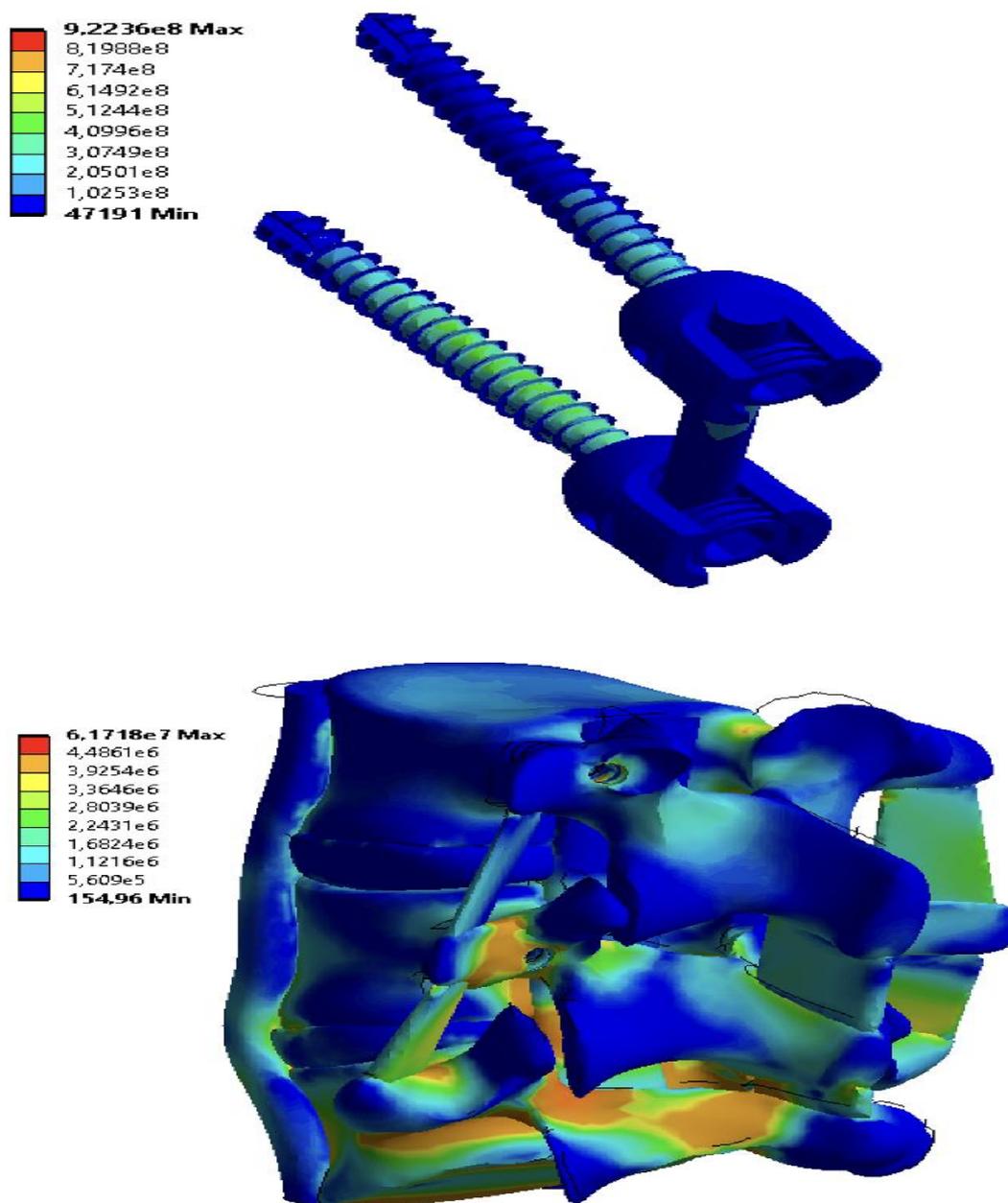


Рисунок 22 - Распределение напряжений при разгибании для унилатеральной транспедикулярной фиксации (для транспедикулярной системы и для позвоночно-двигательных сегментов)

При моделировании ротации позвоночника для модели унилатеральной транспедикулярной фиксации основное напряжение было сосредоточено в средней трети стержня верхнего транспедикулярного винта (макс. $2,3476 \cdot 10^8$ Па), в дужке и каудальной части остистого отростка L4 позвонка, а также в основании и краниальной части остистого отростка L5 позвонка ($2,145 \cdot 10^6$ Па). Подробнее с распределением напряжений можно ознакомиться на рисунке №23.

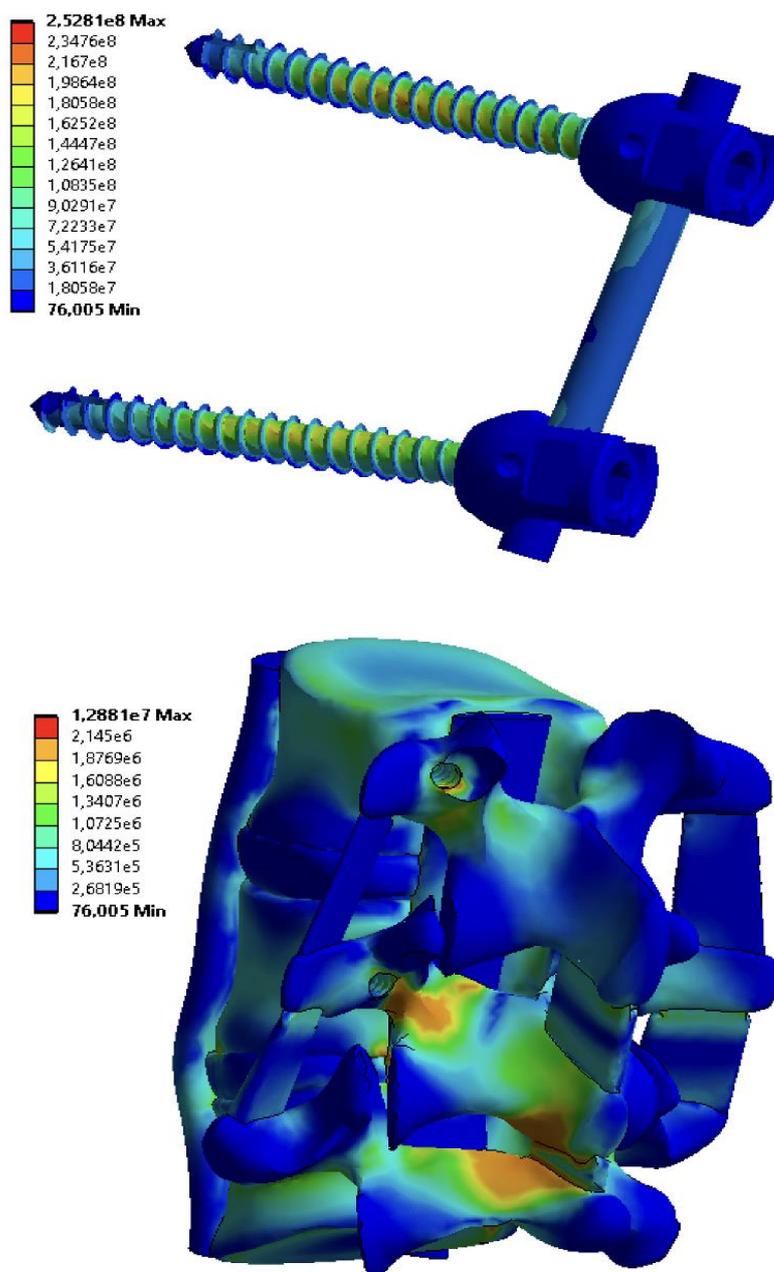


Рисунок 23 - Распределение напряжений при ротации для унилатеральной транспедикулярной фиксации (для транспедикулярной системы и для позвоночно-двигательных сегментов)

В программе ANSYS Inc. была подготовлена модель позвоночника с выполненной билатеральной транспедикулярной фиксацией на уровне L3-L4, необходимая для распределения напряжений (рисунок 24).

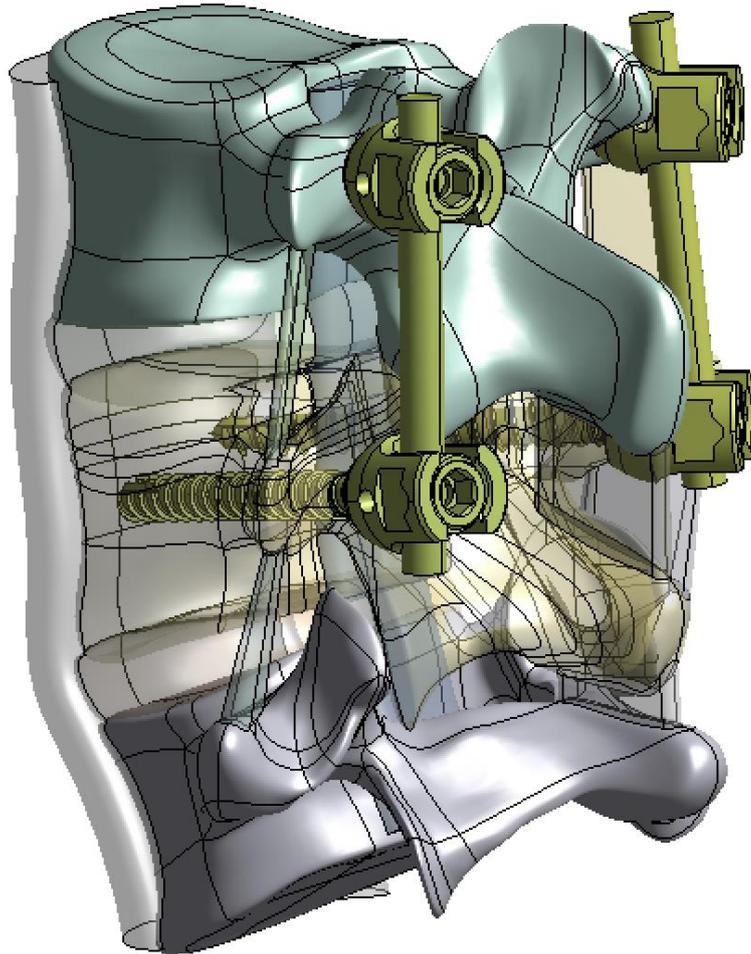


Рисунок 24 - Модель билатеральной транспедикулярной фиксации

Для модели билатеральной фиксации при осевой нагрузке основное напряжение было зарегистрировано в передних отделах тел L3, L4, L5 позвонков, а так же в ножках смежного нижележащего позвонка L5 $1,1444 * 10^6$ Па, а так же в балках с обеих сторон в пределах $1,0971 * 10^8$ Па (рисунок 25). Напряжение в обоих фасеточных не превышало $1,4308 * 10^5$ Па.

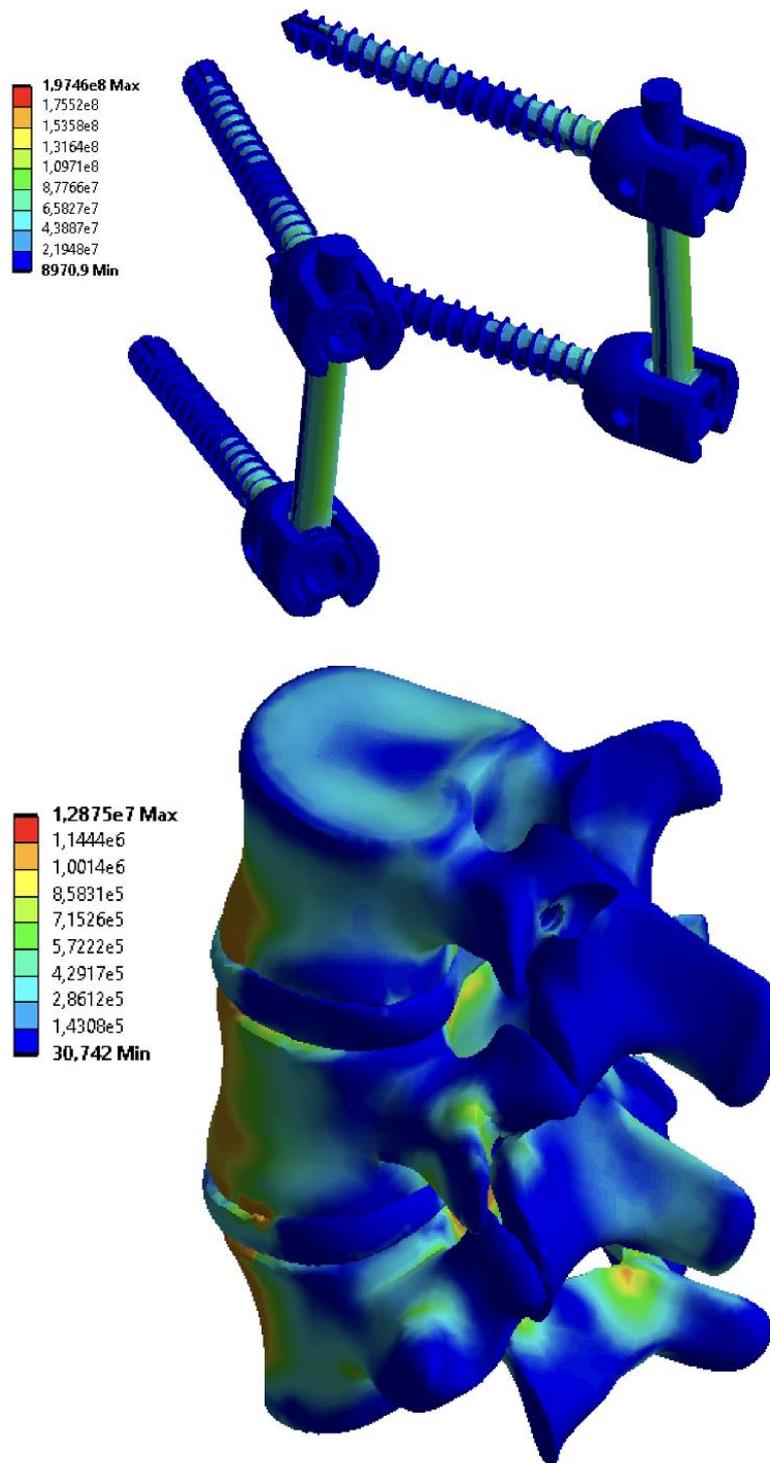


Рисунок 25 - Распределение напряжений при осевой нагрузке для билатеральной транспедикулярной фиксации (для транспедикулярной системы и для позвоночно-двигательных сегментов)

Основное напряжение для модели билатеральной транспедикулярной фиксации при сгибании было зарегистрировано на уровне дужек позвонка L5 с обеих сторон ($1,2041 \cdot 10^7$ Па), что может свидетельствовать о излишней

нагрузке на смежный сегмент, связанный с ригидностью установленной конструкции (рисунок 26). Также большое напряжение было зарегистрировано в средней и верхней трети стержней нижних транспедикулярных винтов ($3,7166 * 10^8$ Па).

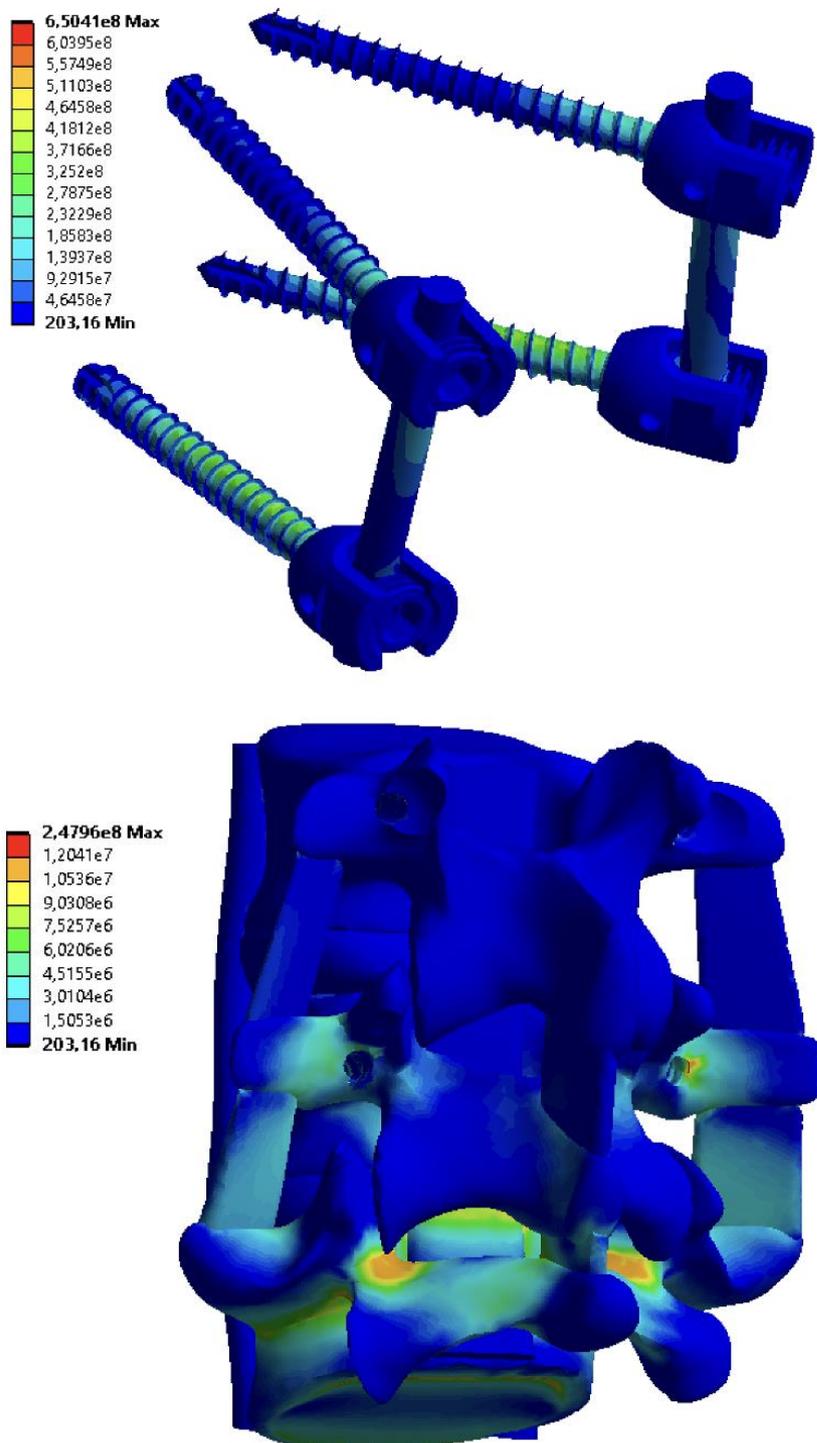


Рисунок 26 - Распределение напряжений при сгибании нагрузке для билатеральной транспедикулярной фиксации (для транспедикулярной системы и для позвоночно-двигательных сегментов)

Результаты моделирования для разгибания при билатеральной транспедикулярной фиксации так же свидетельствуют о возможности развития синдрома смежного уровня (ССУ), ведь основное напряжение зафиксировано в области смежных нижележащих фасеточных суставов ($1,2041 * 10^7$ Па). На конструкции так же основное напряжение сосредоточено на стержнях нижних транспедикулярных винтов (рисунок 27).

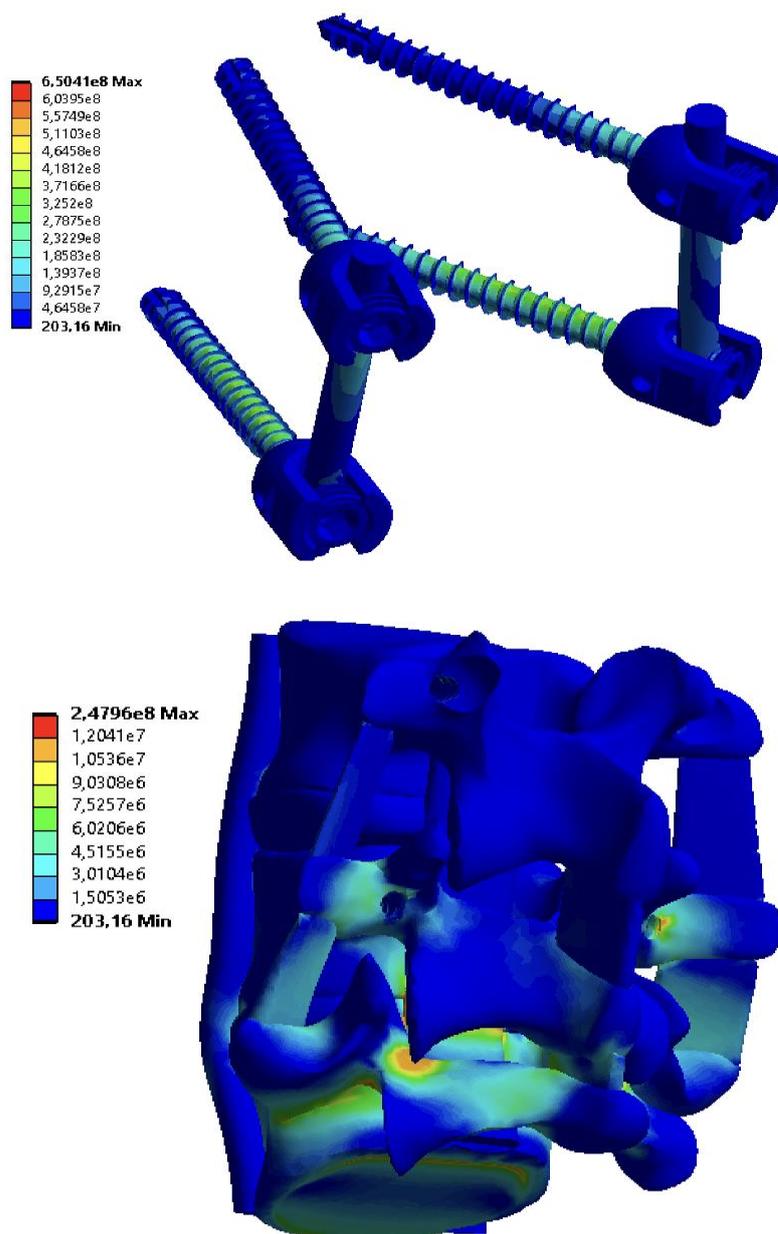


Рисунок 27 - Распределение напряжений при разгибании для билатеральной транспедикулярной фиксации (для транспедикулярной системы и для позвоночно-двигательных сегментов)

Для модели билатеральной транспедикулярной фиксации при ротации основное напряжение было зарегистрировано в средней трети стержней транспедикулярных винтов с обеих сторон ($1,6508 \cdot 10^8$ Па) и в остистых отростках L4 и L5 позвонков ($2,763 \cdot 10^6$ Па). Показатели напряжений по сравнению с моделью унилатеральной фиксации так же показывают большее напряжение в данной модели (рисунок 28).

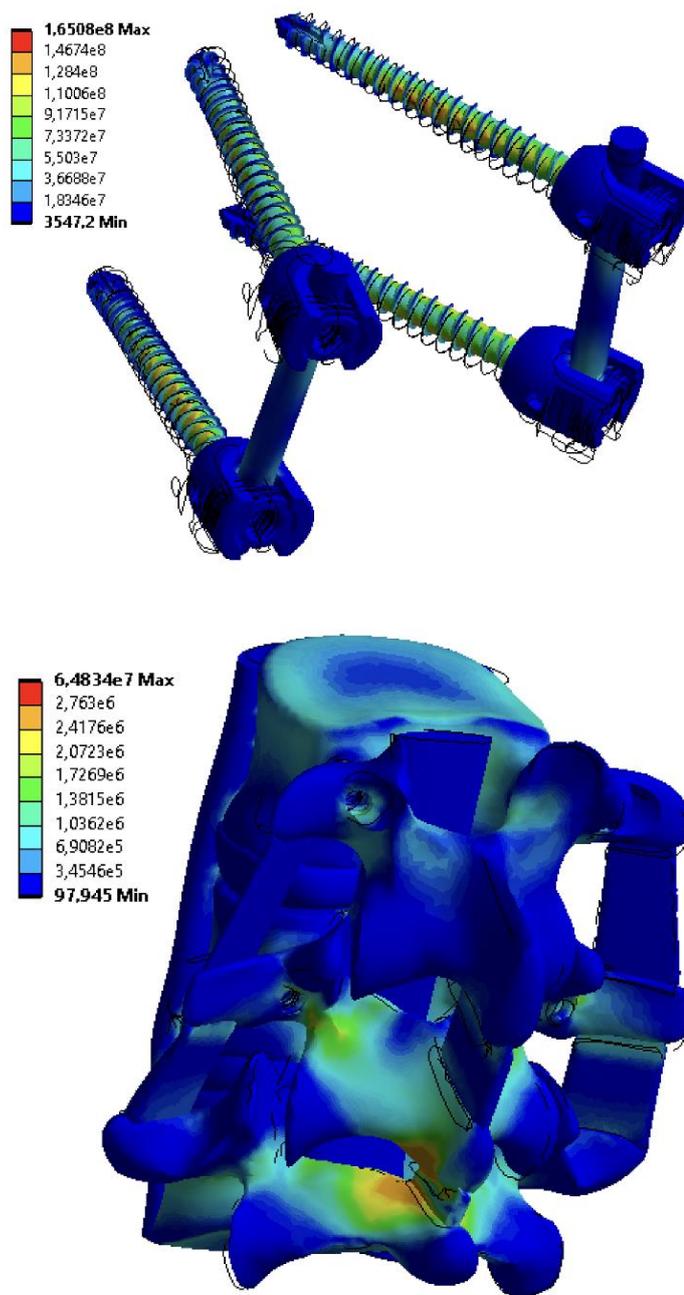


Рисунок 28 - Распределение напряжений при ротации для билатеральной транспедикулярной фиксации (для транспедикулярной системы и для позвоночно-двигательных сегментов)

Интересно отметить, что при моделировании большей осевой нагрузки, чем 500 Нм, зарегистрировано выраженное напряжение на балке транспедикулярной системы при унилатеральной фиксации ($1,6995 \cdot 10^8$ Па), что является доказательством теории о том, что унилатеральная транспедикулярная фиксация противопоказана пациентам с высоким индексом массы тела (ИМТ > 30). Что может являться противопоказанием к установке унилатеральной транспедикулярной фиксации (рисунок 29).

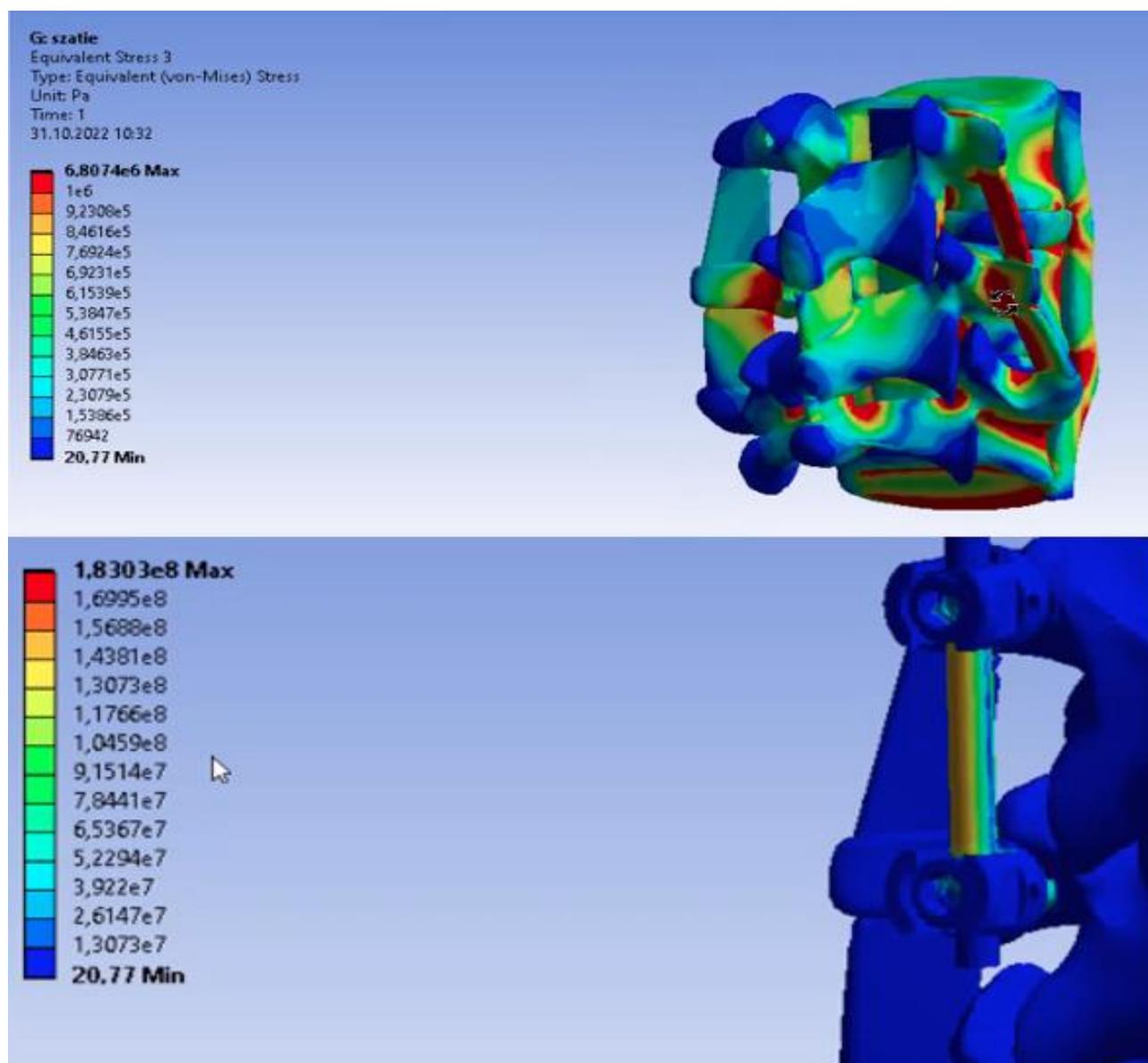


Рисунок 29 - Моделирование осевой нагрузки при высоком индексе массы тела (ИМТ > 30)

Резюме

Напряжение в основном во всех исследуемых моделях при разных векторах нагрузки было сосредоточено на стержнях винтов, фасеточных суставах и остистых отростках смежных сегментов поясничного отдела позвоночника при нормальном ИМТ. При ИМТ>30 выраженное напряжение фиксируется на балке системы транспедикулярной фиксации, что может являться противопозанием к выполнению данной методики стабилизации позвоночно-двигательного сегмента.

Моделирование напряжения при осевой нагрузке показало схожие результаты для обоих вариантов транспедикулярной фиксации, как и остальные варианты направленной силы в обеих моделях, что показывает надежность системы унилатеральной транспедикулярной фиксации в сохранении ее целостности. При этом, стоит отметить, что возрастает нагрузка на контрлатеральный фасеточный сустав в 4,8 раза. Это может свидетельствовать о дальнейшем развитии дегенеративного процесса и нестабильности с контрлатеральной стороны. Для предотвращения этого, нами была разработана методика лазерной остеоперфорации дугоотростчатых суставов, примененная в клиническом этапе исследования.

ГЛАВА 4. МЕТОДИКИ ЛЕЧЕНИЯ ДЕГЕНЕРАТИВНО-ДИСТРОФИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПОЯСНИЧНО-КРЕСТЦОВОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

4.1 Хирургическая техника

Всем пациентам проведена декомпрессия позвоночного канала, с установкой транспедикулярной системы фиксации без установки межтелового импланта. Исходя из критериев включения в исследования, у всех пациентов была зарегистрирована нестабильность позвоночно-двигательного сегмента 1 ст., что не требует внедрения межтелового импланта.

Всего было выполнено 60 оперативных вмешательств, во всех из них декомпрессивный этап оперативного лечения включал:

- интерламинулярную дискэктомию с патогномоничной стороны, когда ведущей патологией была диагностирована грыжа межпозвоночного диска
- фораминотомию, когда ведущей патологией был диагностирован стеноз позвоночного канала
- парциальное удаление желтой связки (флаваэктомию)
- ревизия соответствующего корешка
- Резекция кости медиальной фасетки дугоотростчатого сустава была минимальной для сохранения стабильности оперируемого позвоночно-двигательного сегмента.

Разница была исключительно в выборе методики стабилизации оперируемого позвоночно-двигательного сегмента. Первой группе пациентов (n=20) была выполнена билатеральная транспедикулярная фиксация, второй группе пациентов (n=20) была выполнена унилатеральная транспедикулярная фиксация, третьей группе была выполнена унилатеральная транспедикулярная фиксация дополненная миниинвазивной лазерной остеоперфорацией фасеточных суставов (n=20). Всем пациентам были установлены системы

транспедикулярной фиксации фирмы Zimmer®, Stryker®, Ulrich®, Fixpine®, Trauson®.

Пациенты всех трех групп прошли предоперационное обследование, и все не имели противопоказаний к выполнению оперативного лечения. Вечером накануне операции пациентам был назначен элзепам 1мг внутрь. Объем инфузионной терапии интраоперационно составлял 1000-1500 мл. кристаллоидных и коллоидных растворов (3:1) для пациентов всех исследуемых групп.

4.1.1 Билатеральная транспедикулярная фиксация без выполнения межтелового спондилодеза

Пациентам группы 1 была выполнена транспедикулярная фиксация билатерально (n=20). Всем пациентам было установлено 4 транспедикулярных винта, фиксированных титановыми стержнями (балками) между собой попарно (с патогномоничной и контрлатеральной стороны), сверху закрепленные блокираторами на полиаксиальной головке транспедикулярного винта.

Этапы операции

В условиях операционной под комбинированным эндотрахеальным наркозом в положении пациента на животе после трехкратной обработки операционного поля растворами антисептиков в проекции остистых отростков оперируемого позвоночно-двигательного сегмента был выполнен разрез кожных покровов скальпелем (Рисунок 30).

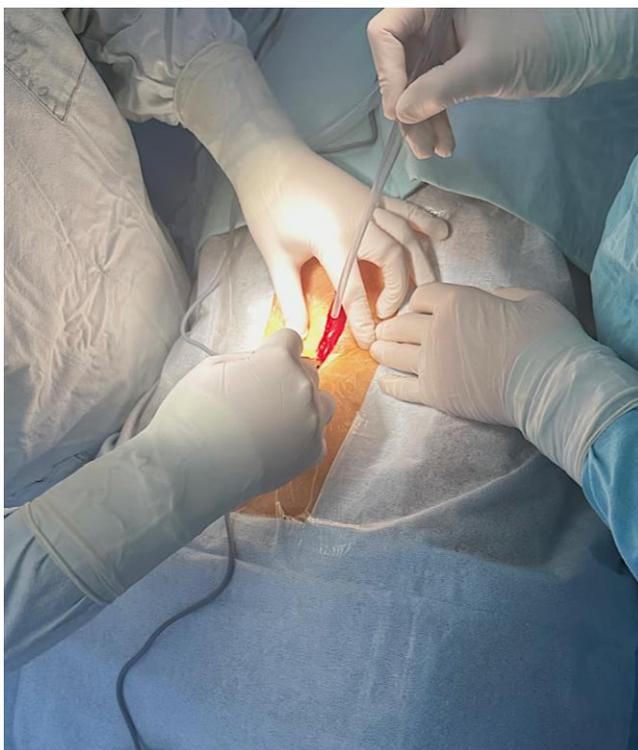


Рисунок 30 - Разрез кожных покровов из дорзального доступа

Затем выполнен дорзальный доступ к остистым отросткам с рассечением поясничного апоневроза электрокоагуляционным инструментом. Тупо и остро обнажены дужки и суставные отростки соответствующего позвоночно-двигательного сегмента по обе стороны от остистых отростков (с патогномичной и контрлатеральной стороны). Гемостаз был выполнен с помощью электрокоагуляционного инструмента. Для выполнения гемостаза с контрлатеральной стороны дополнительно мы использовали салфетку, смоченную 3% раствора пероксида водорода (H_2O_2). Затем был установлен хирургический ранорасширитель с обеих сторон. Затем следовал декомпрессивный этап оперативного лечения, выполняемый по стандартной методике (Рисунок 31).

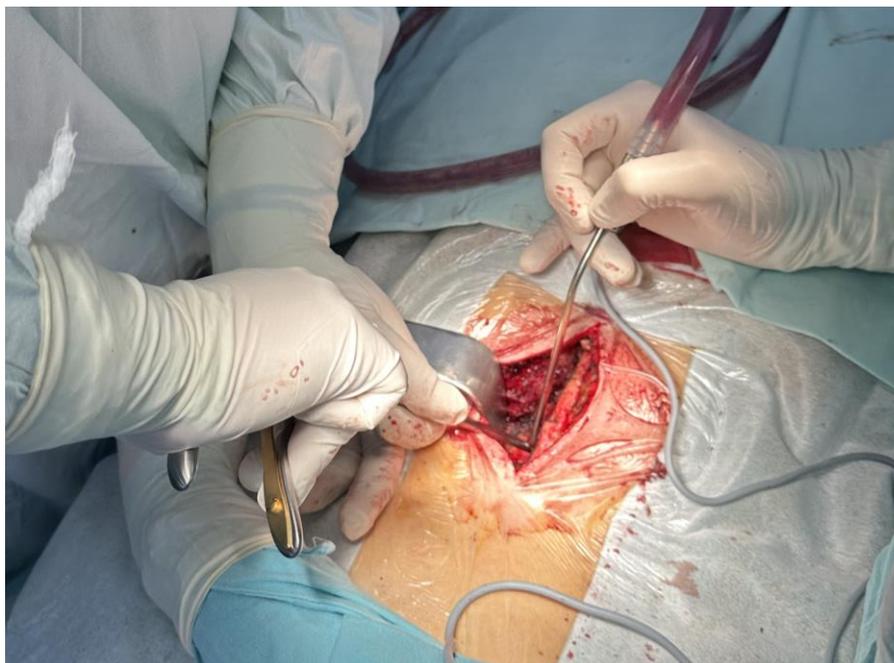


Рисунок 31 - Декомпрессивный этап оперативного лечения

После декомпрессивного этапа хирургический ранорасширитель удаляли из операционной раны. Устанавливали двузубый хирургический ретрактор за нижнюю треть латерального суставного отростка фасеточного сустава в проекции поперечного отростка. Затем после скелетирования латерального суставного отростка выполнено скусывание кортикального слоя кости костными кусачками Люэра до губчатой кости (Рисунок 32).

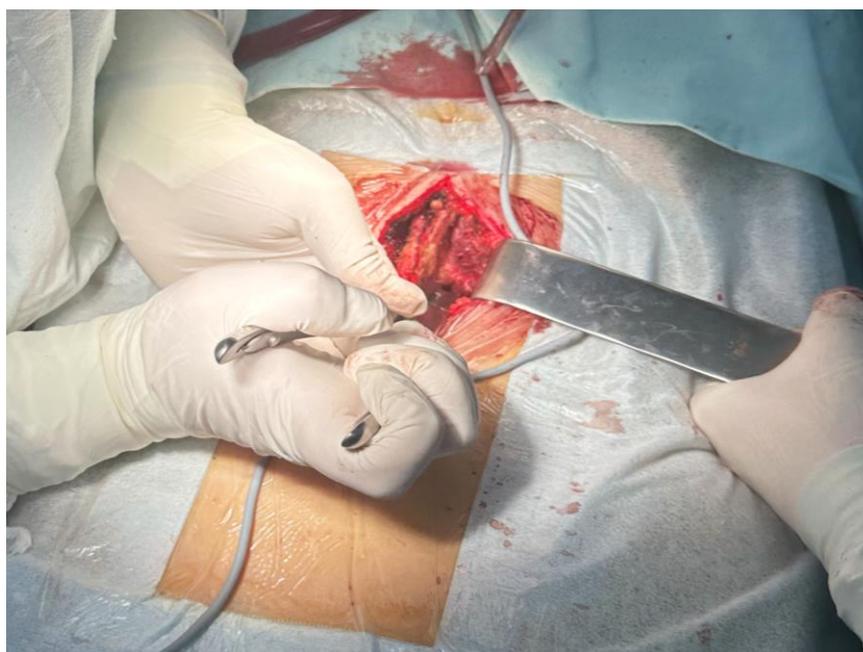


Рисунок 32 - Скусывание кортикальной кости кусачками Люэра

С помощью специализированного шила была произведена перфорация суставного отростка в проекции ножки позвонка (Рисунок 33).



Рисунок 33 - Перфорация суставного отростка шилом

Затем в образовавшееся отверстие вводили направлятель транспедикулярного винта и метчиком нарезали резьбу в губчатой кости для последующей фиксации транспедикулярного винта (Рисунок 34).

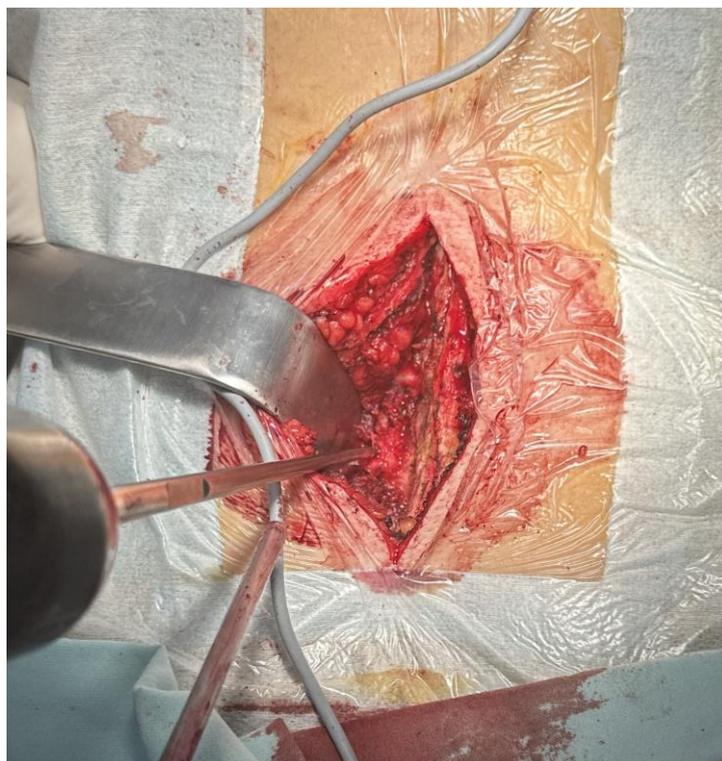


Рисунок 34 - Установка направителя транспедикулярного винта

Транспедикулярный винт устанавливали в сформированный канал по стандартной методике под контролем электронно-оптического преобразователя (Рисунок 35).

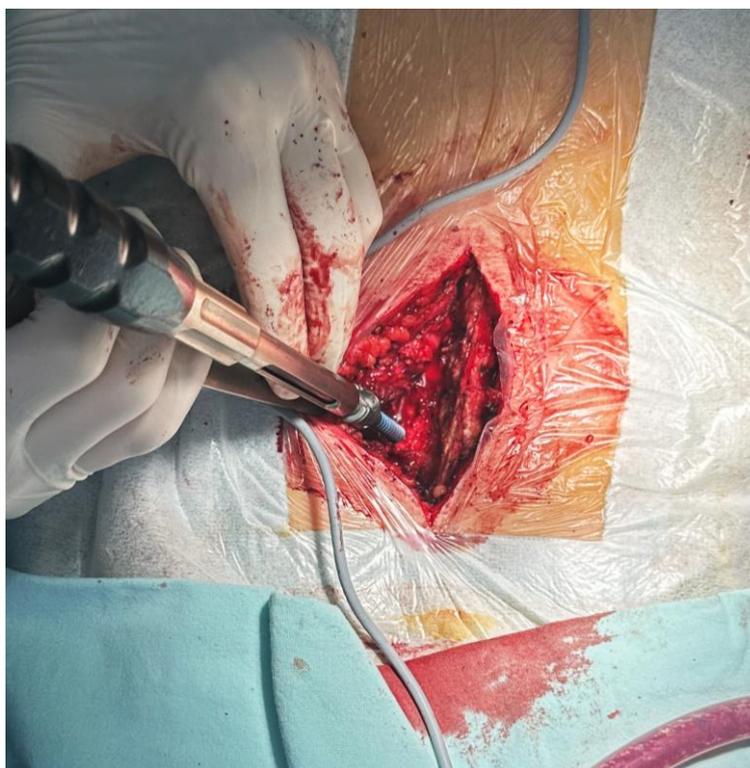


Рисунок 35- Установка транспедикулярного винта

Затем выполняли установку транспедикулярного винта в смежный нижележащий позвонок по вышеописанной методике. После фиксации нижнего позвонка выполнена установка транспедикулярных винтов соответствующих позвонков с контрлатеральной стороны по такой же методике. После моделирования двух титановых стержней мы выполняли их установку в специальное ложе головок поликсиальных винтов. Стержень фиксировали блокираторами по стандартной методике с обеих сторон (Рисунок 36).

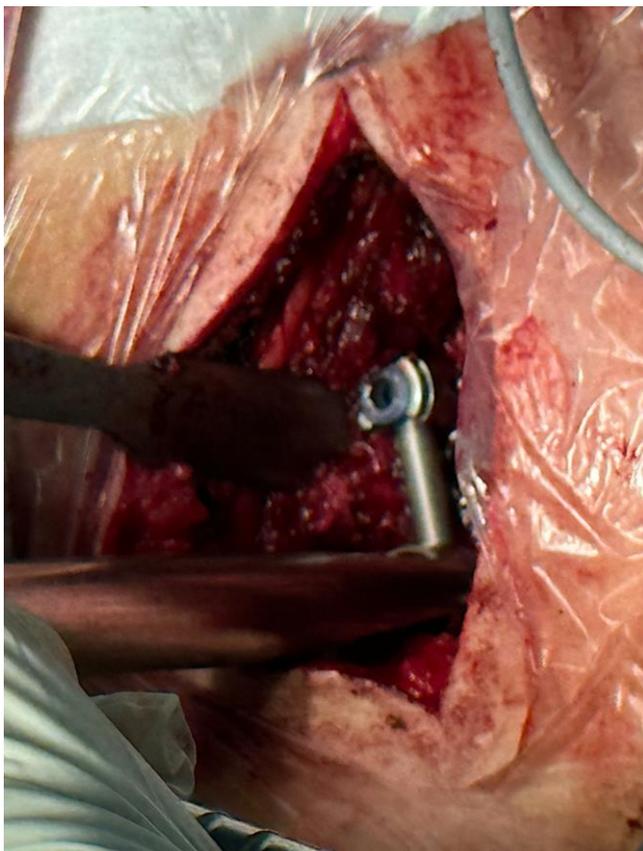


Рисунок 36- Фиксация стержня блокираторами

Рану промывали раствором антисептика (Хлоргексидин 0,05%). Выполнено ушивание апоневроза нерассасывающейся нитью (Ethibond зеленый М5(2) 4x75см). После обработки раствором антисептика кожные покровы ушивали отдельноузловыми швами нерассасывающейся нитью (Dagrofil зеленый 75 см, 0). Рана обработана растворами антисептиков с наложением самоклеющейся асептической повязки.

4.1.2 Унилатеральная транспедикулярная фиксация без выполнения межтелового спондилодеза

Пациентам группы 2 была выполнена транспедикулярная фиксация унилатерально (n=20). Всем пациентам было установлено 2 транспедикулярных винта, фиксированных титановым стержнем (балкой) между собой попарно (с патогномоничной стороны), сверху закрепленные блокираторами на полиаксиальной головке транспедикулярного винта.

Этапы операции

В условиях операционной под комбинированным эндотрахеальным наркозом в положении пациента на животе после трехкратной обработки операционного поля растворами антисептиков в проекции остистых отростков оперируемого позвоночно-двигательного сегмента был выполнен разрез кожных покровов скальпелем. Затем выполняли дорзальный доступ к остистым отросткам с рассечением поясничного апоневроза электрокоагуляционным инструментом. Тупо и остро обнажены дужки и суставные отростки соответствующего позвоночно-двигательного сегмента с одной стороны от остистых отростков (патогномоничной). Гемостаз выполняли с помощью электрокоагуляционного инструмента. Для выполнения гемостаза дополнительно использовали салфетку, смоченную 3% раствора пероксида водорода (H₂O₂). Затем выполняли установку хирургического ранорасширителя с одной стороны. После чего следовал декомпрессивный этап оперативного лечения, выполняемый по стандартной методике. После декомпрессивного этапа хирургический ранорасширитель был удален из операционной раны. Установлен двузубый хирургический ретрактор за нижнюю треть латерального суставного отростка фасеточного сустава в проекции поперечного отростка. Затем после скелетирования латерального суставного отростка выполнено

скусывание кортикального слоя кости костными кусачками Люэра до губчатой кости.

С помощью специализированного шила выполняли перфорацию суставного отростка в проекции ножки позвонка. Затем в образовавшееся отверстие вводили направлятель транспедикулярного винта и метчиком нарезали резьбу в губчатой кости для последующей фиксации транспедикулярного винта. Транспедикулярный винт устанавливали в сформированный канал по стандартной методике под контролем электронно-оптического преобразователя (ЭОП-контроль). Затем выполняли установку транспедикулярного винта в смежный нижележащий позвонок по вышеописанной методике. После моделирования титанового стержня, его устанавливали в специальное ложе головок полиаксиальных винтов. Стержень был фиксирован блокираторами по стандартной методике унилатерально. Рана промыта раствором антисептика (Хлоргексидин 0,05%). Выполнено ушивание апоневроза нерассасывающейся нитью (Ethibond зеленый M5(2) 4x75см). После обработки раствором антисептика кожные покровы ушивали отдельноузловыми швами нерассасывающейся нитью (Dagofil зеленый 75 см, 0). Рана обработана растворами антисептиков с наложением самоклеющейся асептической повязки.

4.1.3 Унилатеральная транспедикулярная фиксация без выполнения межтелового спондилодеза с контрлатеральной лазерной остеоперфорацией фасеточного сустава

Пациентам группы 3 была выполнена транспедикулярная фиксация унилатерально (n=20). Всем пациентам было установлено 2 транспедикулярных винта, фиксированных титановым стержнем (балкой) между собой попарно (с патогномоничной стороны), сверху закрепленные блокираторами на полиаксиальной головке транспедикулярного винта, а также выполнена лазерная остеоперфорация фасеточного сустава с контрлатеральной стороны по

методике, разработанной на кафедре травматологии, ортопедии и хирургии катастроф Института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет). Данная методика также была запатентована 07.06.2021г (Патент на изобретение № 2749246).

Этапы операции

В условиях операционной под комбинированным эндотрахеальным наркозом в положении пациента на животе после трехкратной обработки операционного поля растворами антисептиков в проекции остистых отростков оперируемого позвоночно-двигательного сегмента выполняли разрез кожных покровов скальпелем. До рассечения апоневроза проводили инъекционную иглу через паравerteбральные мышцы до соответствующего медиального суставного отростка фасеточного сустава с контрлатеральной стороны от патогномичной, где предполагалось выполнение декомпрессивного этапа операции. Инъекционная игла служила направляющей для последующего введения световода. При этом в качестве игл использовали инъекционную иглу диаметром 2,1 мм и длиной 80 мм, обеспечивающую введение световода диаметром 400 мкм. Игла была проведена под прямым углом к суставной щели дугоотростчатого сустава, которую визуализировали с помощью электронно-оптического преобразователя. Далее вводили лазерный световод, подключенный к двухволновому лазерному аппарату, до соприкосновения с медиальным суставным отростком. Дополнительно с помощью электронно-оптического преобразователя проводили рентген-контроль в прямой и боковой проекциях положения направляющей иглы для контроля правильности ее позиционирования. Затем выполняли лазерную остеоперфорацию медиального суставного отростка в направлении латерального суставного отростка, при которой происходит лазерная абляция суставной капсулы с денервацией (рисунок 37).

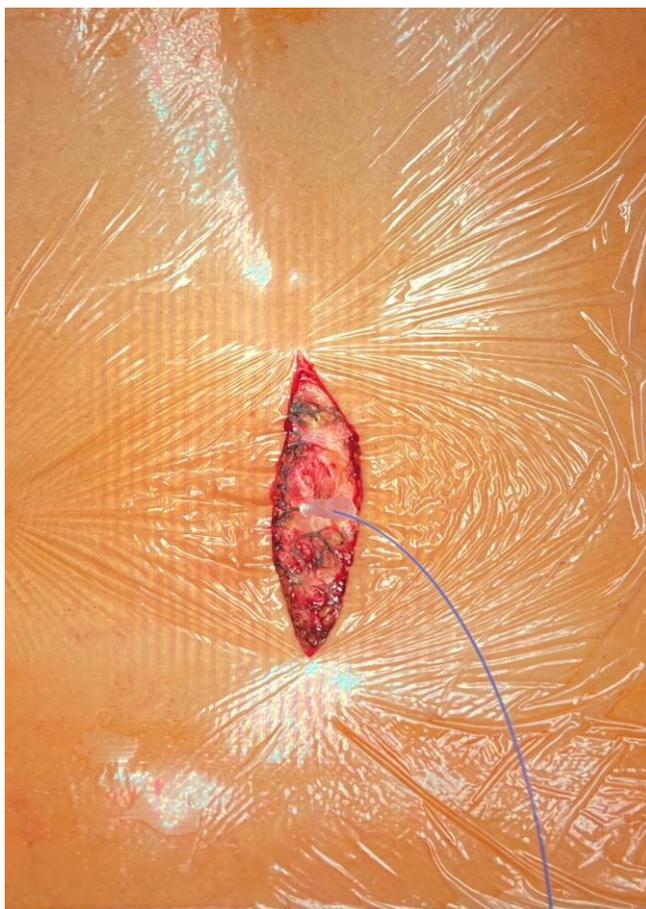


Рисунок 37 - Интраоперационная картина выполнения лазерной остеоперфорации с контрлатеральной стороны

Остеоперфорацию прекращали, дойдя до суставной поверхности латерального суставного отростка, в импульсно-периодическом режиме работы лазера двумя длинами волн в одном луче с параметрами: 2,0 Вт, 0,97 мкм и 5,0 Вт, 1,56 мкм при длительности импульса 100,0 мс и длительности паузы 50,0 мс. Длительность остеоперфорации составляет в среднем 1-2 минуты. Лазерное излучение с длиной волны 0,97 мкм позволяет сформировать канал круглой формы в костной ткани с четкими границами, тогда как лазерной излучение с длиной волны 1,56 мкм обеспечивает коагуляцию и активацию внутрикостной регенерации. После выполнения остеоперфорации световод и инъекционную иглу удаляли. Затем выполняли дорзальный доступ к остистым отросткам с рассечением поясничного апоневроза электрокоагуляционным инструментом. Тупо и остро обнажены дужки и суставные отростки соответствующего позвоночно-двигательного сегмента с патогномичной от остистых отростков (патогномичной). Гемостаз выполнен с помощью электрокоагуляционного

инструмента, дополнительно была использована салфетка, смоченная 3% раствором пероксида водорода (H_2O_2). Затем выполняли установку хирургического ранорасширителя с одной стороны. После чего был произведен декомпрессивный этап оперативного лечения, выполняемый по стандартной методике. После декомпрессивного этапа хирургический ранорасширитель удаляли из операционной раны. Устанавливали двузубый хирургический ретрактор за нижнюю треть латерального суставного отростка фасеточного сустава в проекции поперечного отростка. Затем после скелетирования латерального суставного отростка выполнено скусывание кортикального слоя кости костными кусачками Люэра до губчатой кости. С помощью специализированного шила выполняли перфорация суставного отростка в проекции ножки позвонка. Затем в образовавшееся отверстие вводили направляющий транспедикулярный винт и метчиком нарезают резьбу в губчатой кости для последующей фиксации транспедикулярного винта. Транспедикулярный винт устанавливали в сформированный канал по стандартной методике под контролем электронно-оптического преобразователя (ЭОП-контроль). Затем выполняли установку транспедикулярного винта в смежный нижележащий позвонок по вышеописанной методике. После моделирования титанового стержня, он был установлен в специальное ложе головок поликсиальных винтов. Стержень фиксировали блокираторами по стандартной методике унилатерально. Рана промыта раствором антисептика (Хлоргексидин 0,05%). Выполнено ушивание апоневроза нерассасывающейся нитью (Ethibond зеленый M5(2) 4x75см). После обработки раствором антисептика кожные покровы ушивали отдельноузловыми швами нерассасывающейся нитью (Dagrofil зеленый 75 см, 0). Рана обработана растворами антисептиков с наложением самоклеющейся асептической повязки.

4.2 Послеоперационное ведение

Ведение всех пациентов в послеоперационном периоде проводили по единому протоколу для всех групп пациентов:

- Профилактику инфекционных осложнений проводили внутримышечно цефалоспорином третьего поколения (Цефтриаксон 1 г 2 раза в день), сначала вводили за 30 минут до оперативного вмешательства, затем продолжали в течение 5 суток после операции.
- В раннем послеоперационном периоде проводили анальгетическую терапию нестероидными противовоспалительными препаратами (Кетопрофен 1000мг 3 раза в сутки), опиоидного анальгетика (Трамадол 200мг 1 раз в день) в зависимости от индивидуальной выраженности болевого синдрома.
- На первые сутки после оперативного вмешательства выполняли перевязку послеоперационной раны с растворами антисептиков. Затем выполнялась перевязка через день по стандартной методике.
- Всем пациентам были сняты швы на 12-14 сутки после операции.
- Активизация пациентов в ортопедическом корсете была выполнена всем пациентам на первые сутки после операции. Пациентам разъяснены ограничения, связанные с оперативным лечением и установкой стабилизирующей конструкции (исключение наклонов на 2 месяца, исключение ротационной подвижности позвоночника на 2 месяца, ограничение сидячего положения (не более 20 минут подряд), необходимость ношения ортопедического корсета при вертикализации сроком на 2 месяца, а также исключение принятия душа и ванны до снятия швов).
- На первые сутки после операции всем пациентам было выполнено рентгенологическое исследование пояснично-крестцового отдела позвоночника в двух проекциях (прямой и боковой) для оценки

выполненной декомпрессии и задней стабилизации позвоночно-двигательного сегмента.

- Все пациенты были выписаны на 5 сутки после оперативного лечения.
- В период дальнейшего наблюдения были предусмотрены визиты на контрольный осмотр через 3, 6, 12 месяцев со свежими рентгенологическими исследованиями пояснично-крестцового отдела позвоночника. Во время каждого контрольного осмотра пациентам проводилось комплексное клиническое обследование для выявления возможных осложнений, а также был определен уровень болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале боли для боли в спине и ноге и заполнение опросника Oswestry Disability Index.

ГЛАВА 5. РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ

Оценка ближайших и отдаленных результатов хирургического лечения пациентов трех групп выполнялась на основании клинических и функциональных результатов лечения, а также выполнения контрольного МСКТ исследования через 12 месяцев после операции у групп II и III. Кроме интраоперационных показателей, таких как время операции и кровопотеря, оценивалась выраженность болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале боли в спине и ноге (через 3, 6, 12 месяцев после оперативного лечения), а также определение уровня качества жизни по опроснику Oswestry Disability Index.

5.1 Первая группа наблюдения – билатеральная транспедикулярная фиксация (n = 20)

Средний возраст пациентов первой группы составил $36,4 \pm 6,00$ (ДИ 95%, $p=0,568$) лет.

В группу вошли 12 мужчин (60%) и 8 женщин (40%).

У 8 пациентов была зарегистрирована грыжа межпозвоночного диска, у остальных 12 пациентов стеноз позвоночного канала.

Средняя длительность оперативного лечения составила в группе билатеральной транспедикулярной фиксации (группа 1)- $137,1 \pm 5,26$ (ДИ 95%, $p<0,05$) минут.

Интраоперационная кровопотеря в этой группе составила $245,1 \pm 3,64$ (ДИ 95%, $p<0,05$) мл.

Динамика показателей ВАШ для боли в пояснице составляла $79,05 \pm 2,26$ мм (ДИ 95%, $p=0,558$) до операции и значительно снизилась до $34,85 \pm 1,46$ мм (ДИ 95%, $p=0,819$) через 3 месяца после оперативного лечения, через 6 месяцев этот показатель так же снизился и составил $15,14 \pm 1,45$ мм (ДИ 95%, $p=0,412$).

Отмечается тенденция к незначительному увеличению показателя ВАШ для боли в пояснице через 12 месяцев после оперативного лечения - $23,75 \pm 1,55$ мм (ДИ 95%, $p=0,047$) (рисунок 38).

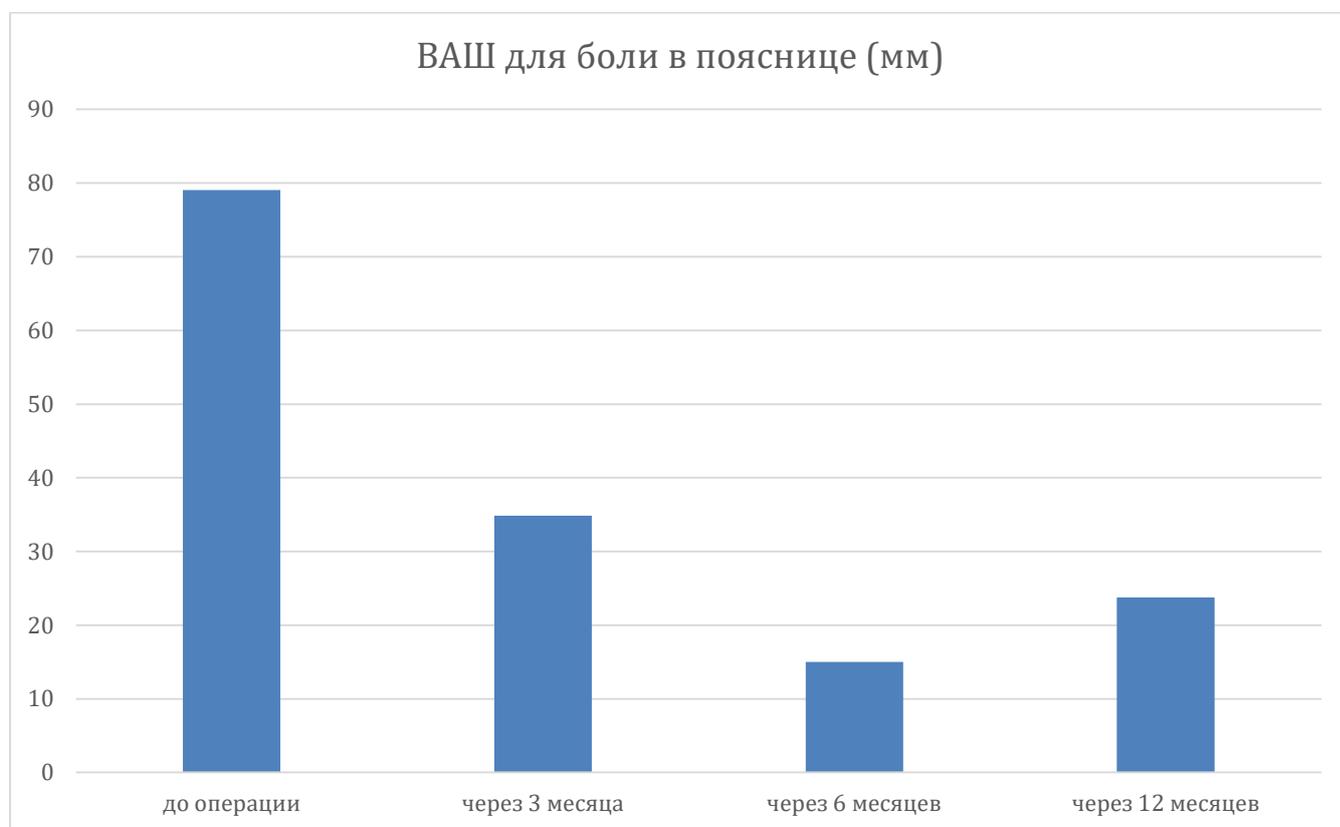


Рисунок 38 – Динамика ВАШ для боли в пояснице в группе 1

В группе билатеральной транспедикулярной фиксации результат до операции составил $84,82 \pm 1,40$ мм (ДИ 95%, $p=0,425$) по шкале ВАШ для боли в нижней конечности. Средние показатели визуально-аналоговой шкалы боли в группе 1 (билатеральная транспедикулярная фиксация) через 3 месяца после операции составили $12,05 \pm 1,36$ мм (ДИ 95%, $p=0,082$). Через 6 месяцев после оперативного лечения средний показатель боли в нижней конечности по ВАШ составил уже $9,15 \pm 1,63$ мм (ДИ 95%, $p=0,757$) и снизился до $8,35 \pm 1,63$ мм (ДИ 95%, $p=0,413$) через год после операции (рисунок 39).

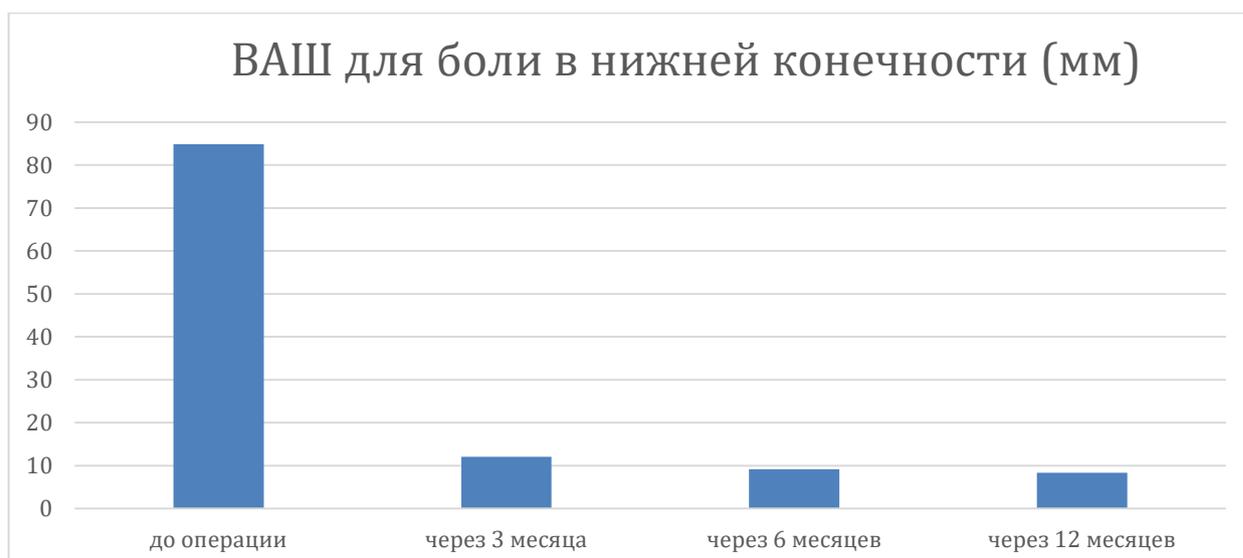


Рисунок 39 – Динамика ВАШ для боли в нижней конечности в группе 1

Средние предоперационные показатели индекса Oswestry составили $85,6 \pm 3,24$ % (ДИ 95%, $p=0,289$) для первой группы пациентов. Для пациентов, которым была выполнена билатеральная транспедикулярная фиксация (группа 1) средний индекс ODI составил $42,9 \pm 2,93$ % (ДИ 95%, $p=0,489$) через 3 месяца после оперативного лечения. Через полгода после операции этот показатель у исследуемой группы снизился до $22,2 \pm 2,58$ % (ДИ 95%, $p=0,584$). Индекс по опроснику Oswestry повысился через 12 месяцев после хирургического лечения и составил $30,2 \pm 2,33$ % (ДИ 95%, $p=0,59$) (Рисунок 40).

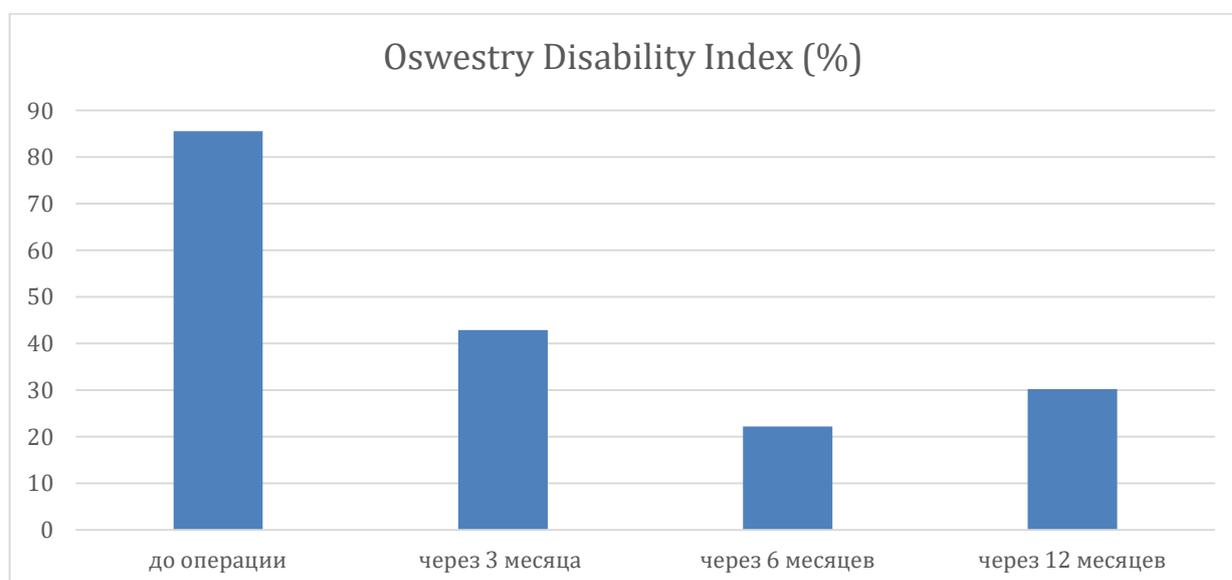


Рисунок 40 – Динамика ODI в группе 1

Клинический пример. Пациент Х., 32 лет, по поводу грыжи межпозвоночного диска L4-L5 с радикулопатией с левой стороны.

Перед операцией пациенту выполняли магнитно-резонансную томографию (МРТ) пояснично-крестцового отдела позвоночника (Рисунок 41).



Рисунок 41 - МРТ пояснично-крестцового отдела позвоночника пациента Х. Грыжа межпозвоночного диска L4-L5

Предоперационные показатели ВАШ для боли в пояснице составляли 76 мм, для боли в нижней конечности 84 мм. Результат по опроснику ODI составил 88%.

Выполнена декомпрессивно-стабилизирующая операция на пояснично-крестцовом отделе позвоночника, в объеме интерламинарной дискэктомии L4-L5, флавэктомии L4-L5, ревизии корешка L4 слева, установки системы билатеральной транспедикулярной фиксации L4-L5. Общее время операции составило 138 минут, интраоперационная кровопотеря составила 257 мл (рисунок 42).

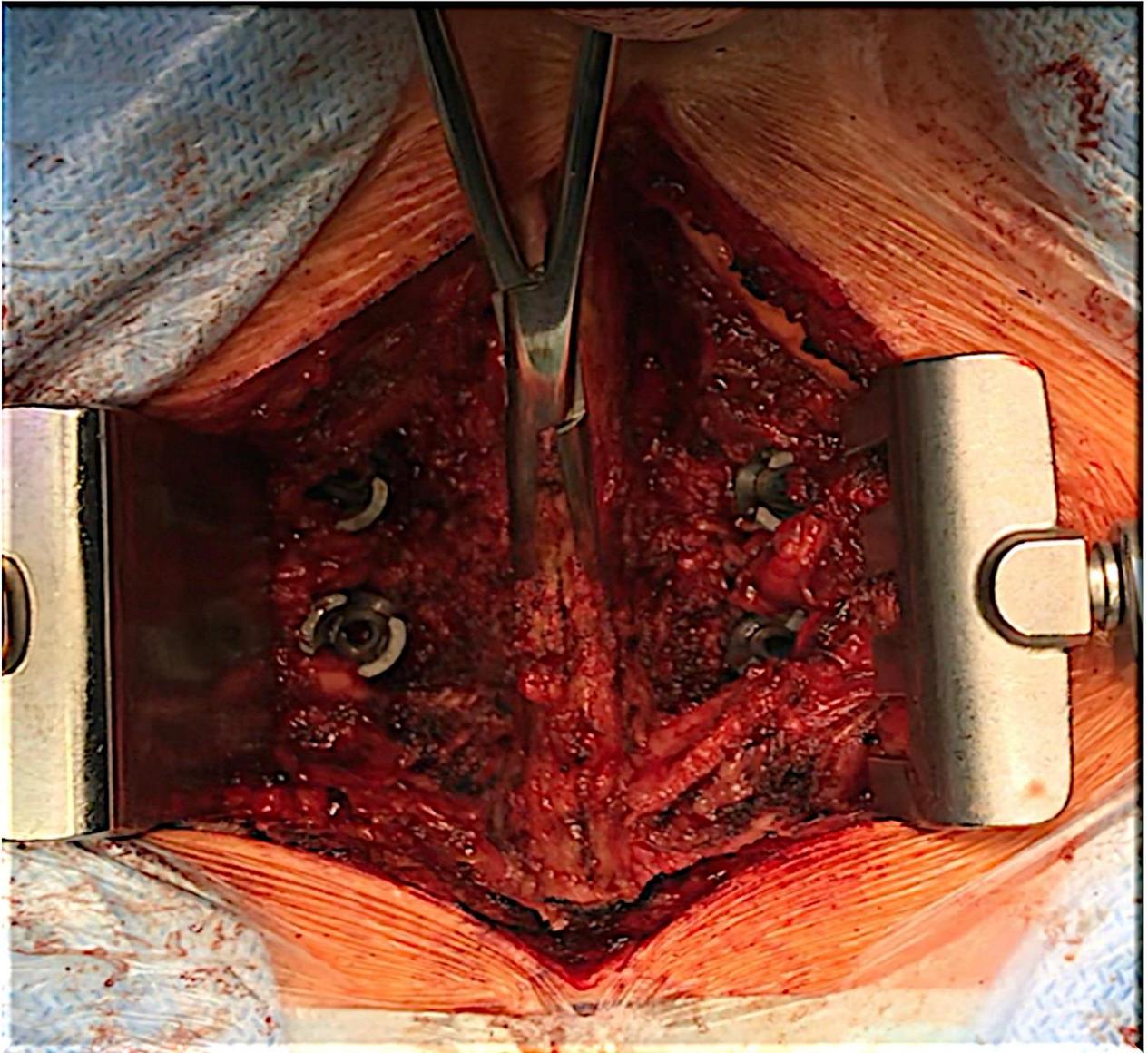


Рисунок 42 - Интраоперационная картина после установки билатеральной транспедикулярной фиксации

На первые сутки после оперативного лечения выполнена перевязка послеоперационной раны, рентгенологическое исследование и активизация пациента (рисунок 43)



Рисунок 43 - Рентгенологическое исследование на 1 сутки после выполнения декомпрессивно-стабилизирующей операции (Билатеральная ТПФ)

Отмечается выраженное снижение корешкового синдрома, выраженный болевой синдром в области послеоперационной раны. На 5 сутки после оперативного лечения пациент выписан для амбулаторного лечения и дальнейшего наблюдения.

В послеоперационном периоде отмечалась тенденция к снижению болевого синдрома в пояснице и в нижней конечности по шкале ВАШ, результаты составили 36 мм, 14 мм, 22 мм для поясницы и 12 мм, 10 мм и 8 мм для нижней конечности через 3, 6, 12 месяцев соответственно.

Послеоперационные показатели ODI также снизились до 44 % через 3 месяца, 22% через 6 месяцев и немного повысились до 32 % через 12 месяцев после операции.

5.2 Вторая группа наблюдения – унилатеральная транспедикулярная фиксация (n =20)

Средний возраст пациентов группы унилатеральной фиксации (группа 2) составил $35,5 \pm 6,09$ (ДИ 95%, $p=0,568$) лет.

В группу вошли 11 мужчин (55%) и 9 женщин (45%).

У 8 пациентов второй группы была зарегистрирована грыжа межпозвоночного диска, у 12 пациентов стеноз позвоночного канала.

Средняя длительность оперативного лечения составила в группе унилатеральной транспедикулярной фиксации $85,4 \pm 4,28$ минут (ДИ 95%, $p<0,05$).

Интраоперационная кровопотеря в этой группе составила $151,8 \pm 2,95$ мл (ДИ 95%, $p<0,05$).

Предоперационные показатели болевого синдрома по шкале ВАШ для поясницы во второй группе составляли $79,05 \pm 2,26$ мм (ДИ 95%, $p=0,558$). Среднее значение через 3 месяца после операции составило $34,85 \pm 0,99$ мм (ДИ 95%, $p=0,819$) и уменьшилось до $16,15 \pm 1,09$ мм (ДИ 95%, $p=0,412$) через 6 месяцев. К 12 месяцам отмечается некоторое возвращение болевого синдрома в пояснице по визуально-аналоговой шкале, среднее значение составило $24,12 \pm 1,33$ мм (ДИ 95%, $p=0,047$) (рисунок 44).

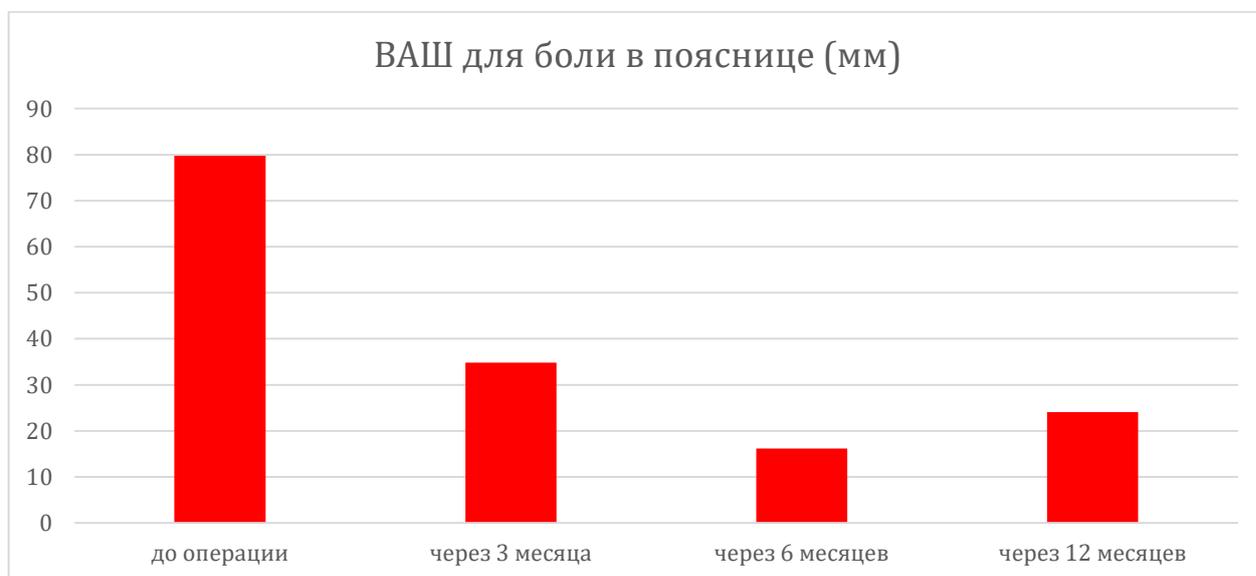


Рисунок 44- Динамика ВАШ для боли в пояснице в группе 2

Во второй группе пациентов, которым была выполнена унилатеральная фиксация, зарегистрировано снижение болевого синдрома в нижней конечности с пораженной стороны через 3 месяца $11,22 \pm 1,44$ мм (ДИ 95%, $p=0,082$) после хирургического лечения по сравнению с предоперационными показателями ($79,82 \pm 1,94$ мм (ДИ 95% $p=0,425$)). Через шесть месяцев после оперативного лечения также отмечается тенденция к снижению боли в нижней конечности до $8,75 \pm 1,69$ мм (ДИ 95%, $p=0,757$) во второй группе пациентов. Показатели ВАШ для боли в нижней конечности через 12 месяцев незначительно снизились и составили $8,05 \pm 1,93$ мм (ДИ 95%, $p=0,413$) (рисунок 45).

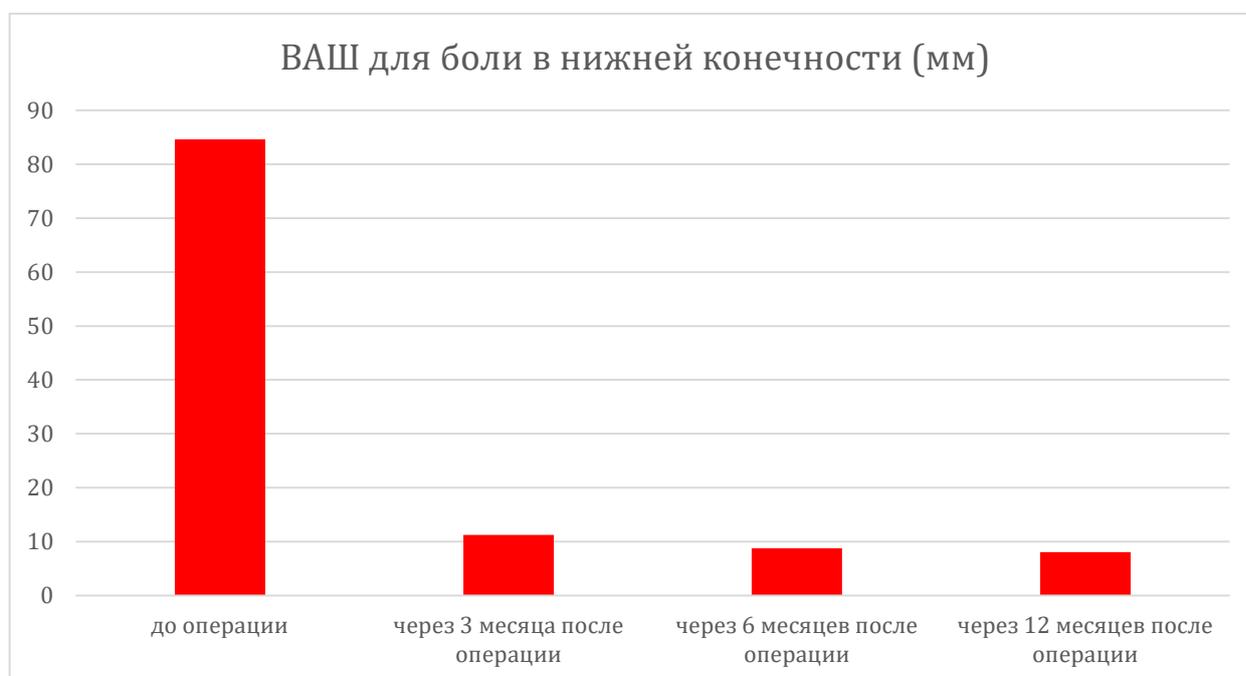


Рисунок 45 – Динамика ВАШ для боли в нижней конечности в группе 2

Средний индекс инвалидности Oswestry в группе изолированной унилатеральной фиксации до операции составлял $86,9 \pm 3,62$ % (ДИ 95%, $p=0,289$) и значительно снизился после оперативного лечения - $42,2 \pm 2,82$ % (ДИ 95%, $p=0,584$) через 3 месяца и $21,6 \pm 2,79$ % (ДИ 95%, $p=0,489$) через 6 месяцев. Через год после операции ODI составил $30,4 \pm 2,21$ % (ДИ 95%, $p=0,590$), что так же может свидетельствовать об ухудшении качества жизни

через 12 месяцев по сравнению с предыдущими послеоперационными результатами (рисунок 46).

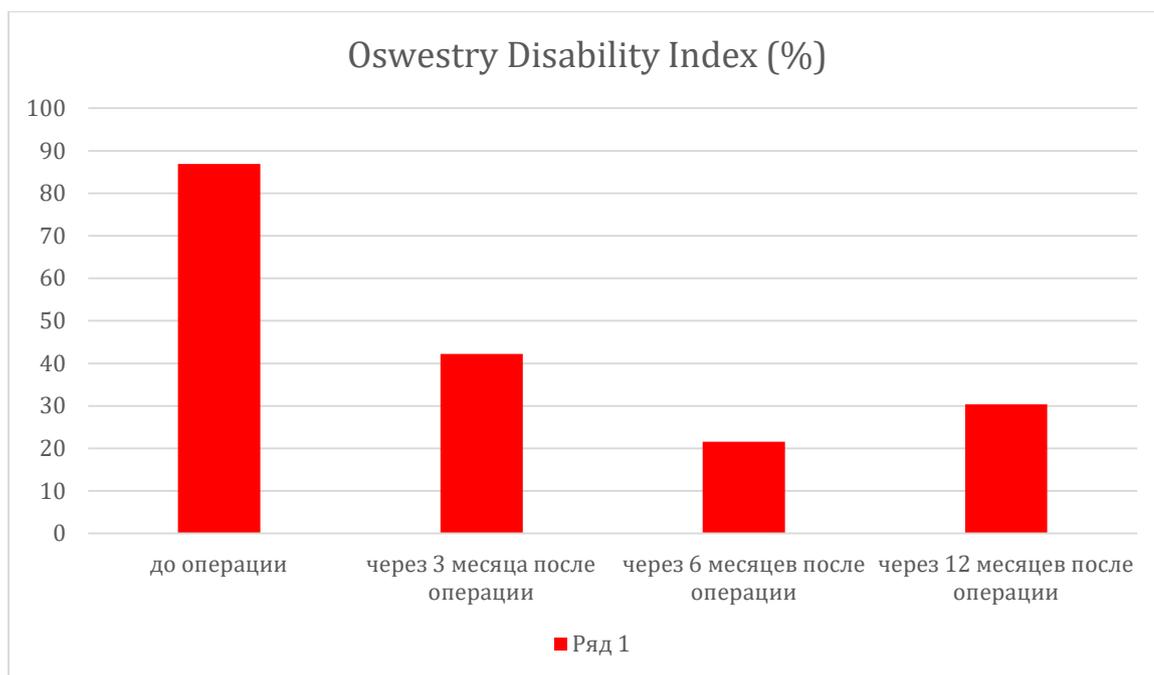


Рисунок 46 – Динамика ОДИ в группе 2

Клинический пример. Пациент А., 37 лет, по поводу грыжи межпозвоночного диска L4-L5 с радикулопатией с левой стороны.

Перед операцией пациенту выполняли магнитно-резонансную томографию (МРТ) пояснично-крестцового отдела позвоночника (Рисунок 47).

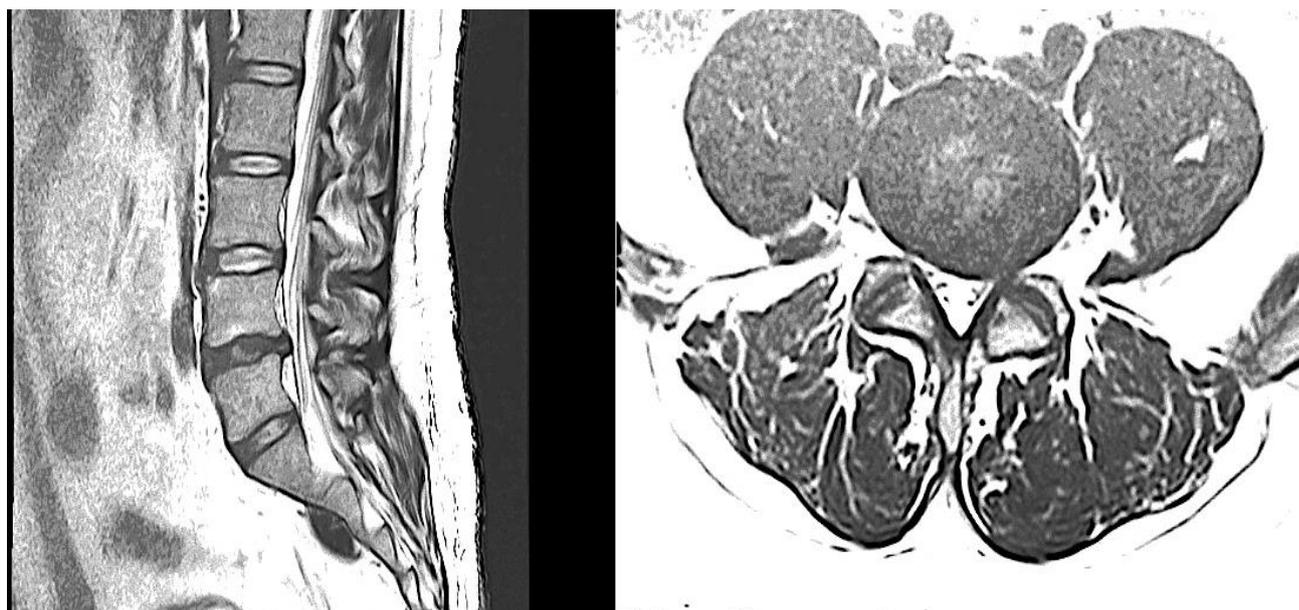


Рисунок 47 - МРТ пояснично-крестцового отдела позвоночника пациента А. Грыжа межпозвоночного диска L4-L5

Предоперационные показатели ВАШ для боли в пояснице составляли 78 мм, для боли в нижней конечности 85 мм. Результат по опроснику ODI составил 86%.

Выполнена декомпрессивно-стабилизирующая операция на пояснично-крестцовом отделе позвоночника, в объеме интерламинарной дискэктомии L4-L5, флавэктомии L4-L5, ревизии корешка L4 слева, установки системы унилатеральной транспедикулярной фиксации L4-L5 слева. Общее время операции составило 82 минуты, интраоперационная кровопотеря составила 149 мл (рисунок 48).

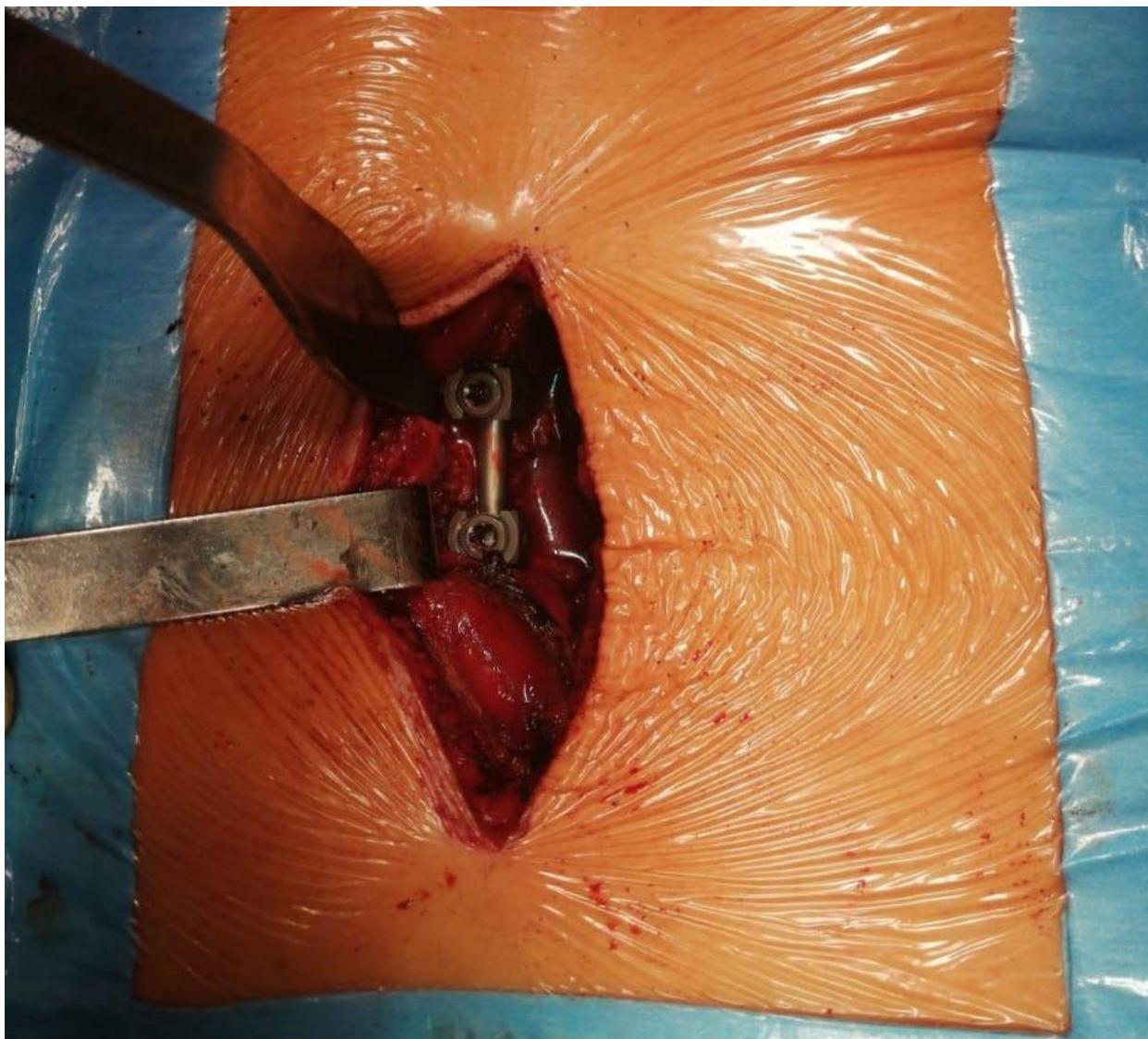


Рисунок 48 - Интраоперационная картина после установки унилатеральной транспедикулярной фиксации

На первые сутки после оперативного лечения выполнена перевязка послеоперационной раны, рентгенологическое исследование и активизация пациента (рисунок 49).

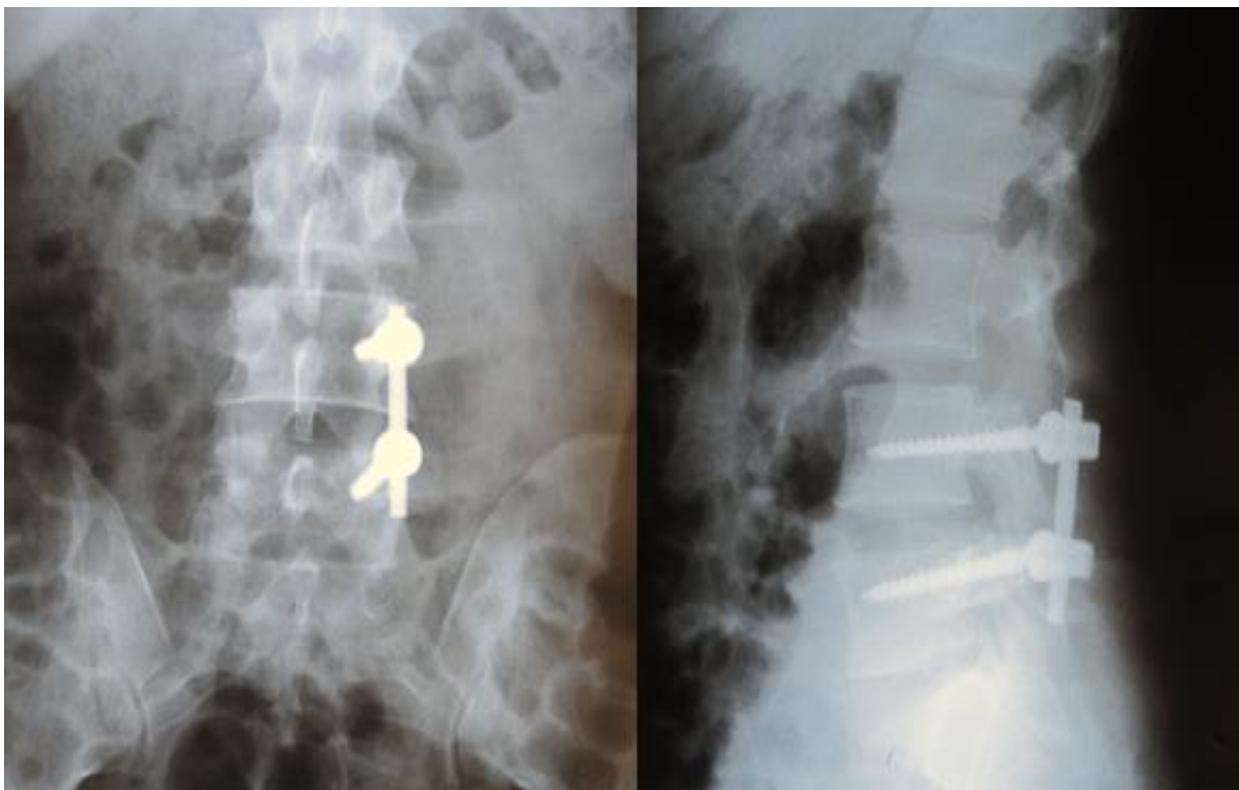


Рисунок 49 - Рентгенологическое исследование на 1 сутки после выполнения декомпрессивно-стабилизирующей операции (Унилатеральная ТПФ)

Отмечается выраженное снижение корешкового синдрома, умеренный болевой синдром в области послеоперационной раны. На 5 сутки после оперативного лечения пациент выписан для амбулаторного лечения и дальнейшего наблюдения.

После операции отмечается снижению болевого синдрома в пояснице по шкале ВАШ, результаты через 3 месяца составили 34 мм, через 6 месяцев 16 мм и 20 мм через 12 месяцев.

По шкале ВАШ для боли в нижней конечности, так же отмечается снижение показателей (3 месяца- 12 мм, 6 месяцев-10 мм, 12 месяцев- 8мм).

Послеоперационные показатели ODI также снизились до 44 % через 3 месяца, 22% через 6 месяцев и немного повысились до 32 % через 12 месяцев после операции.

Через 12 месяцев было выполнено контрольное МСКТ исследование, на котором не было зарегистрировано анкилоза контрлатерального фасеточного сустава (рисунок 50).



Рисунок 50 - Несостоятельный анкилоз контрлатерального дугоотростчатого сустава

5.3 Третья группа наблюдения – унилатеральная транспедикулярная фиксация с лазерной остеоперфорацией контрлатерального фасеточного сустава (n = 20)

Средний возраст пациентов третьей группы составил $36,6 \pm 6,18$ (ДИ 95%, $p=0,568$) лет.

В группу вошли 11 мужчин (55%) и 9 женщин (45%).

Стеноз позвоночного канала, как ведущая патология, был зарегистрирован у 13 пациентов. У остальных 7 пациентов была диагностирована грыжа межпозвоночного диска.

Средняя длительность оперативного лечения составила в группе унилатеральной транспедикулярной фиксации дополненной лазерной остеоперфорацией- $92,2 \pm 3,42$ (ДИ 95%, $p < 0,05$) минут.

Интраоперационная кровопотеря в этой группе составила $152,5 \pm 3,11$ (ДИ 95%, $p < 0,05$) мл.

Пациенты третьей группы, которым была выполнена унилатеральная транспедикулярная фиксация дополненная лазерной остеоперфорацией дугоотростчатого сустава с контрлатеральной стороны, также отметили выраженное уменьшение болевого синдрома через 3 месяца после операции до $34,65 \pm 0,93$ мм (ДИ 95%, $p = 0,819$) по сравнению с предоперационными показателями в $79,25 \pm 2,55$ мм (ДИ 95%, $p = 0,558$). Через 6 месяцев после операций оценка болевого синдрома в спине по шкале ВАШ составила $16,21 \pm 1,58$ мм (ДИ 95%, $p = 0,412$). В этой группе исследуемых пациентов также отмечается усиление вертеброгенного болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале боли через 12 месяцев после оперативного лечения- $21,85 \pm 1,57$ мм (ДИ 95%, $p = 0,047$) (рисунок 51).

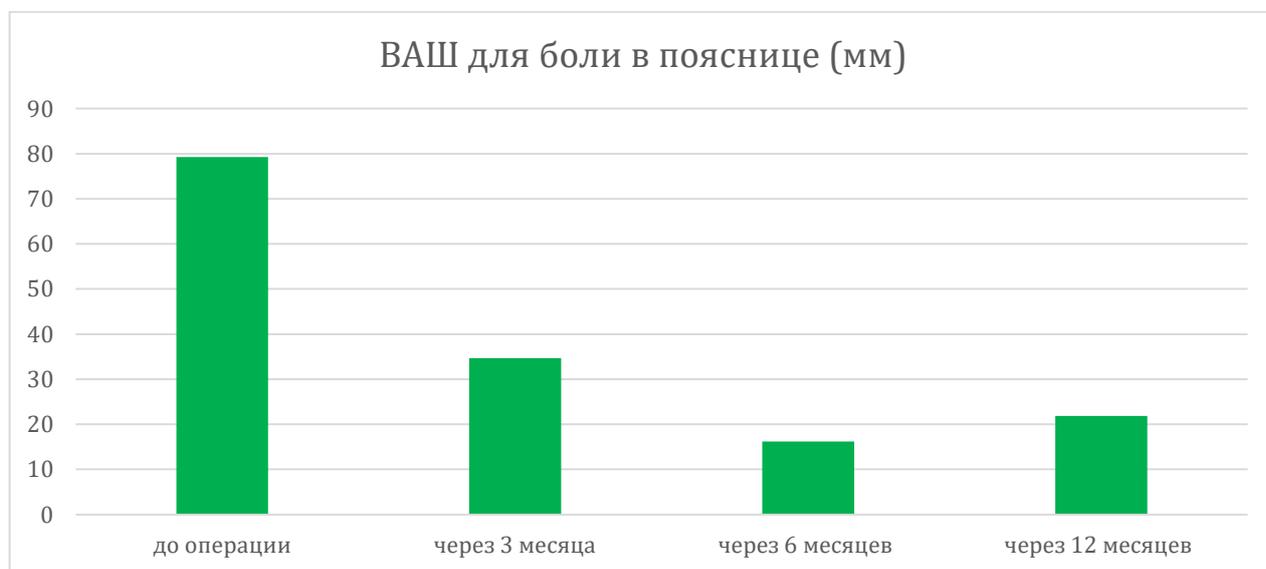


Рисунок 51 – Динамика ВАШ для боли в пояснице в группе 3

Показатель выраженности болевого синдрома по шкале ВАШ для боли в нижней конечности составил $85,15 \pm 1,04$ мм (ДИ 95%, $p=0,425$) до операции. Средний показатель боли в нижней конечности по шкале ВАШ в группе унилатеральной траспедикулярной фиксации дополненной лазерной остеоперфорацией фасеточного сустава с контрлатеральной стороны через 3 месяца после выполненной операции составил $11,92 \pm 0,91$ мм (ДИ 95%, $p=0,082$). Через 6 месяцев после оперативного лечения этот средний показатель был на уровне $9,22 \pm 1,80$ мм (ДИ 95%, $p=0,757$). Показатель болевого синдрома в нижней конечности по ВАШ практически не изменился через год после оперативного лечения для группы 3 и составил $8,42 \pm 1,31$ мм (ДИ 95%, $p=0,413$) (рисунок 52).

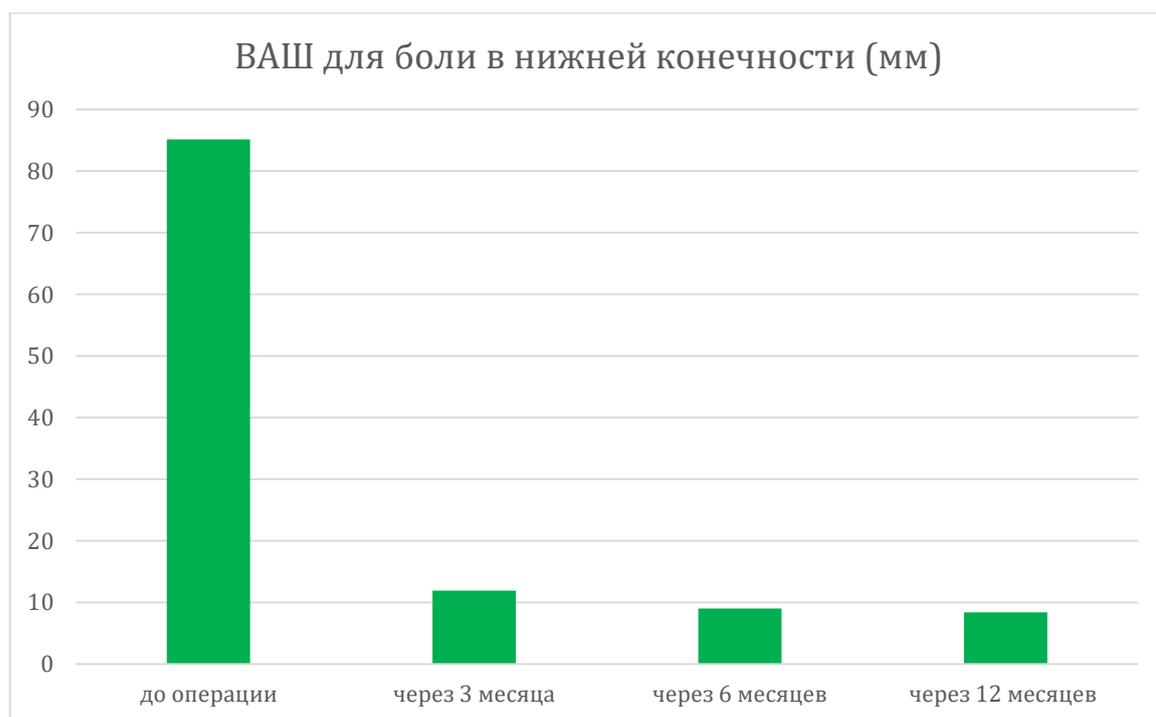


Рисунок 52 – Динамика ВАШ для боли в нижней конечности в группе 3

В третьей группе пациентов (Унилатеральная ТПФ + Лазер) средние показатели индекса Oswestry составили $42,1 \pm 2,12$ % (ДИ 95%, $p=0,584$) через 3 месяца после операции при первичных $85,3 \pm 3,31$ % (ДИ 95%, $p=0,289$) до оперативного лечения. Oswestry Disability Index через 6 месяцев после оперативного лечения в этой группе снизился до $21,2 \pm 2,54$ % (ДИ 95%,

$p=0,489$). К 12 месяцам средний уровень этого показателя в третьей группе составил $29,7 \pm 2,08$ % (ДИ 95%, $p=0,590$) (рисунок 53).

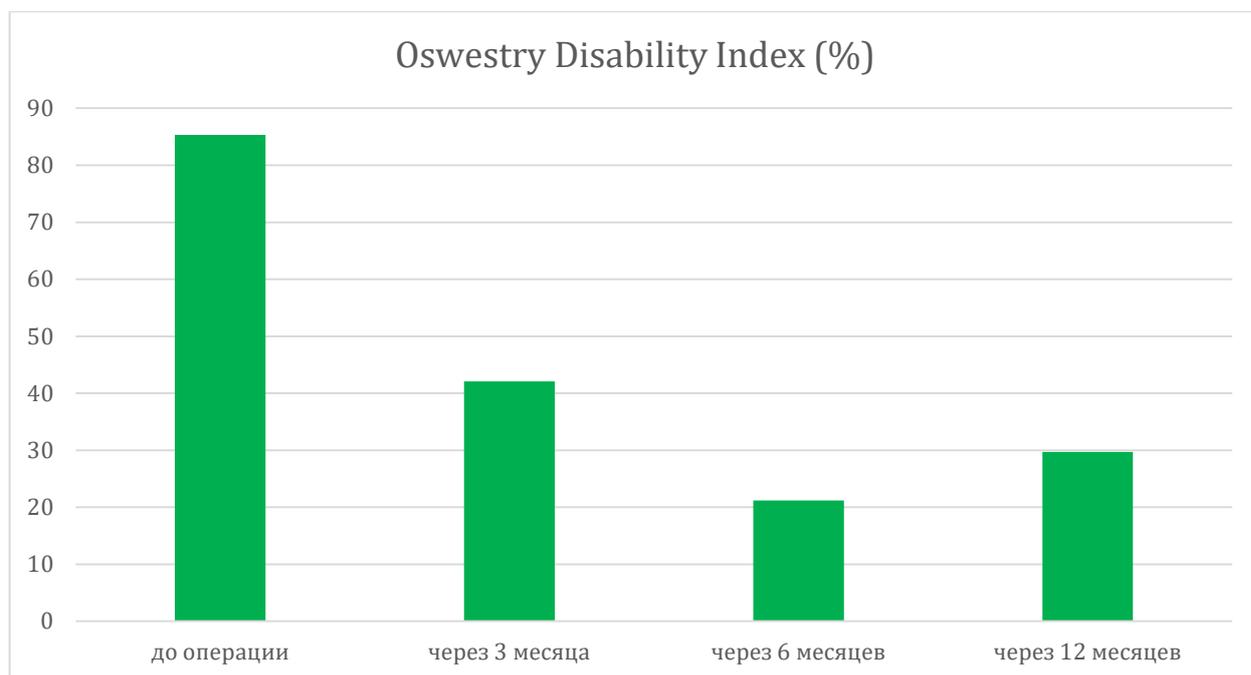


Рисунок 53 – Динамика ОДИ в группе 3

Клинический пример. Пациент В., 34 года, по поводу секвестрированной грыжи межпозвоночного диска L4-L5 с радикулопатией с правой стороны.

Перед операцией пациенту выполняли магнитно-резонансную томографию (МРТ) пояснично-крестцового отдела позвоночника (Рисунок 54).

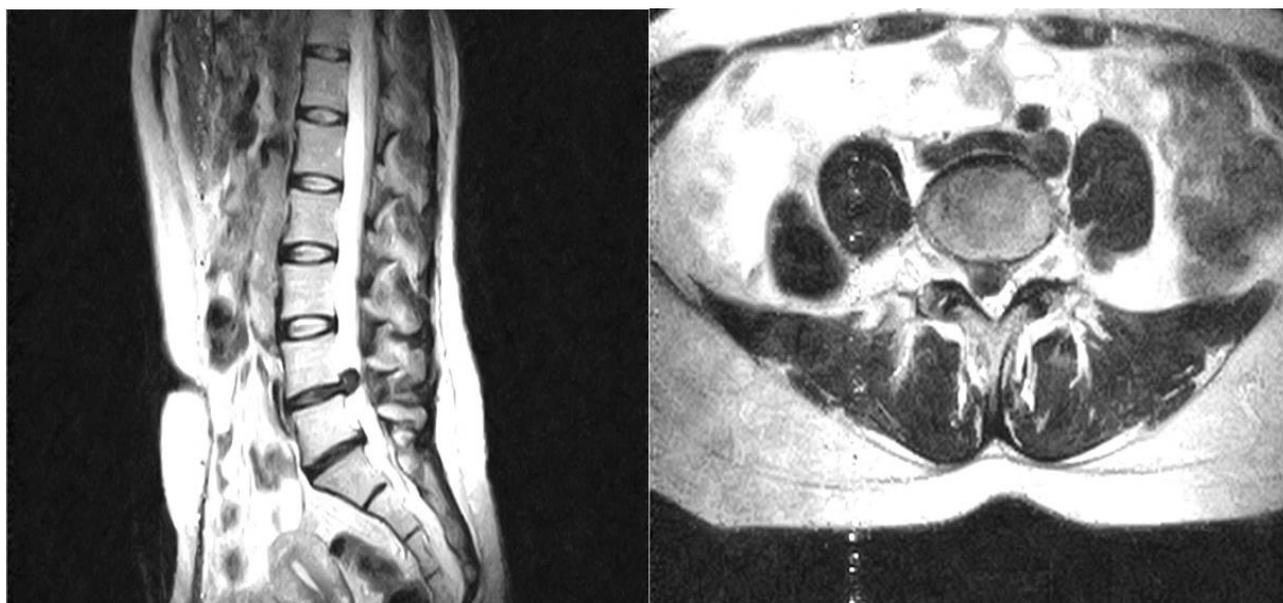


Рисунок 54 - МРТ пояснично-крестцового отдела позвоночника пациента А.
Грыжа межпозвоночного диска L4-L5

Интенсивность болевого синдрома по шкале ВАШ до операции в пояснице и в нижней конечности составили 82 мм и 88 мм соответственно, индекс инвалидности Oswestry – 84%.

Выполнена декомпрессивно-стабилизирующая операция на пояснично-крестцовом отделе позвоночника, в объеме интерламинарной севестрэктомии L4-L5, дискэктомии L4-L5, флавэктомии L4-L5, ревизии корешка L4 справа, установки системы унилатеральной транспедикулярной фиксации L4-L5 справа и выполнения лазерной остеоперфорации фасеточного сустава L4-L5 с правой стороны. Общее время операции составило 95 минут, интраоперационная кровопотеря составила 152 мл.

На первые сутки после оперативного лечения выполнена перевязка послеоперационной раны, рентгенологическое исследование и активизация пациента (Рисунок 55)

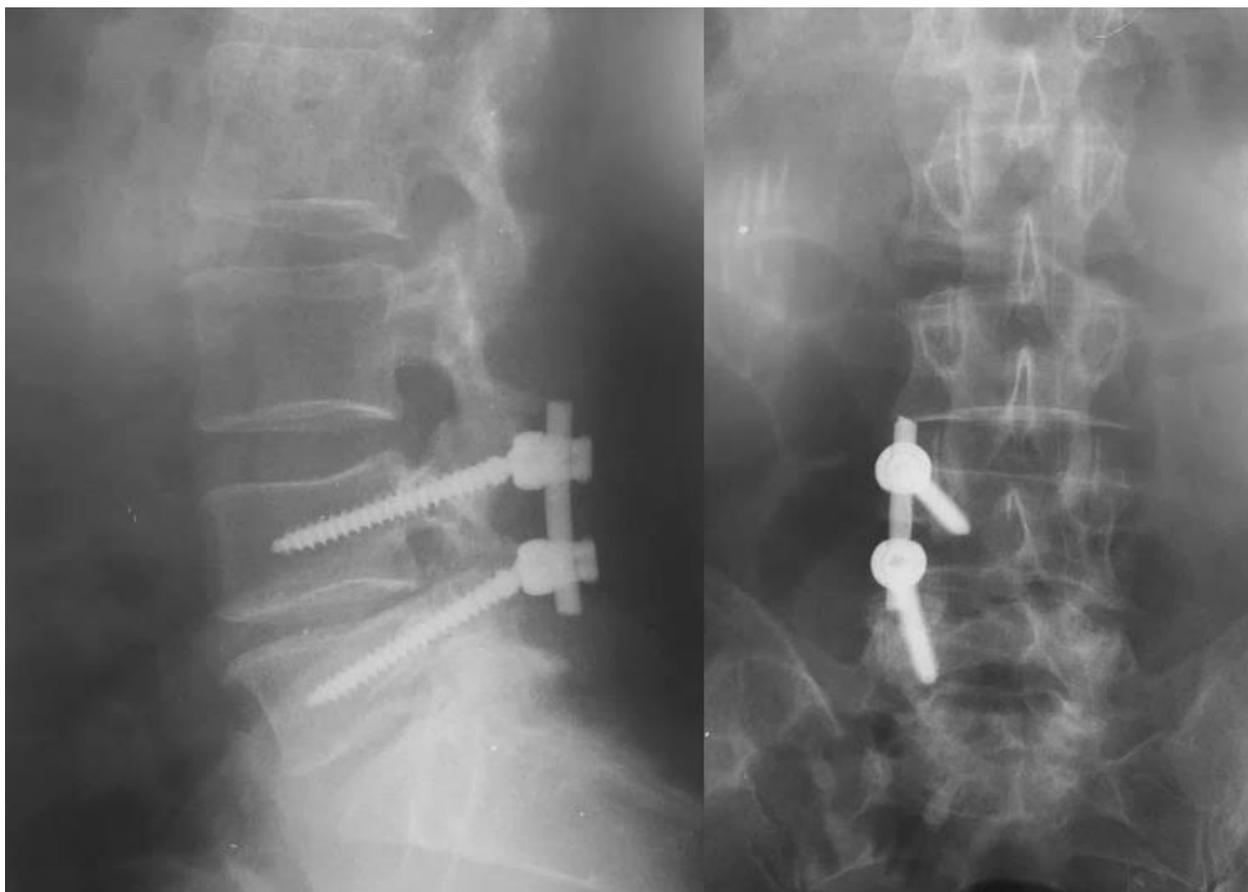


Рисунок 55 - Рентгенологическое исследование на 1 сутки после выполнения декомпрессивно-стабилизирующей операции (Унилатеральная ТПФ + Лазерная остеоперфорация)

Отмечается выраженное снижение корешкового синдрома, умеренный болевой синдром в области послеоперационной раны. На 5 сутки после оперативного лечения пациент выписан для амбулаторного лечения и дальнейшего наблюдения.

После выполнения унилатеральной стабилизации и лазерной остеоперфорации с контрлатеральной стороны отмечается снижение болевого синдрома в пояснице по шкале ВАШ (3 месяца- 32 мм, 6 месяцев-16 мм, 12 месяцев- 20 мм)

По шкале ВАШ для боли в нижней конечности, так же отмечается снижение показателей, которые составили 10 мм через 3 месяца, 8 мм через 6 месяцев и 6 мм через 12 месяцев.

Послеоперационные показатели ODI также снизились до 42 % через 3 месяца, 22% через 6 месяцев и повысились до 28 % через 12 месяцев после операции.

Через 12 месяцев было выполнено контрольное МСКТ исследование, на котором был зарегистрирован фиброзный анкилоз контрлатерального фасеточного сустава (рисунок 56).

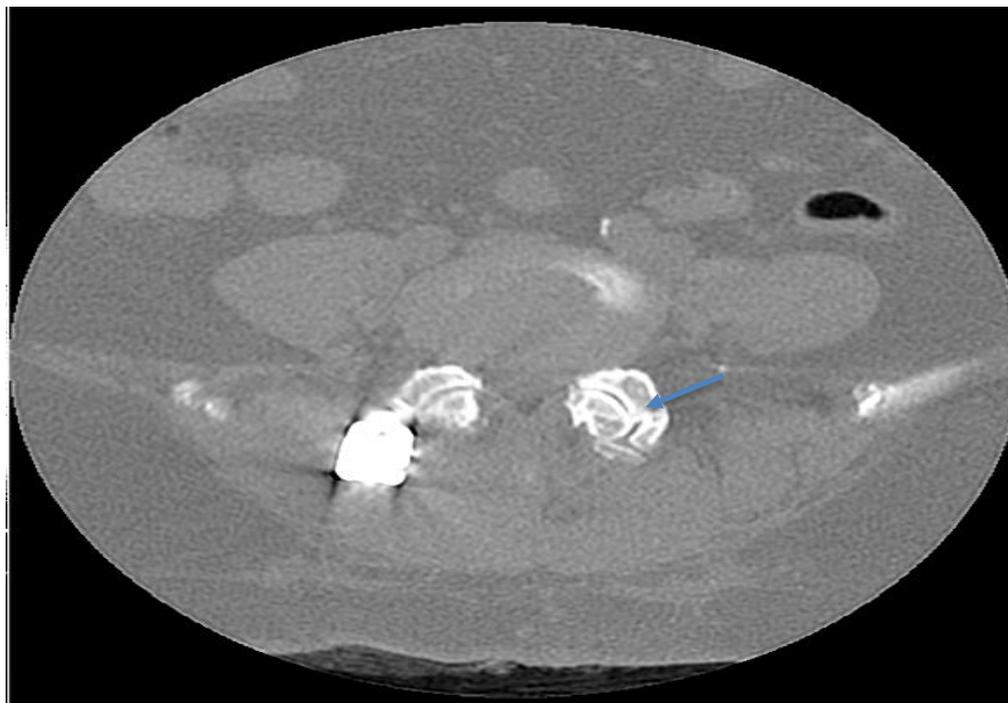


Рисунок 56 – Фиброзный анкилоз контрлатерального дугоотростчатого сустава

5.4 Сравнительная оценка и обсуждение полученных результатов

Длительность оперативного лечения. В ходе исследования был проведен анализ общего времени операции для пациентов первой, второй и третьей группы (рисунок 57). При этом длительность течения анестезии не учитывалась.

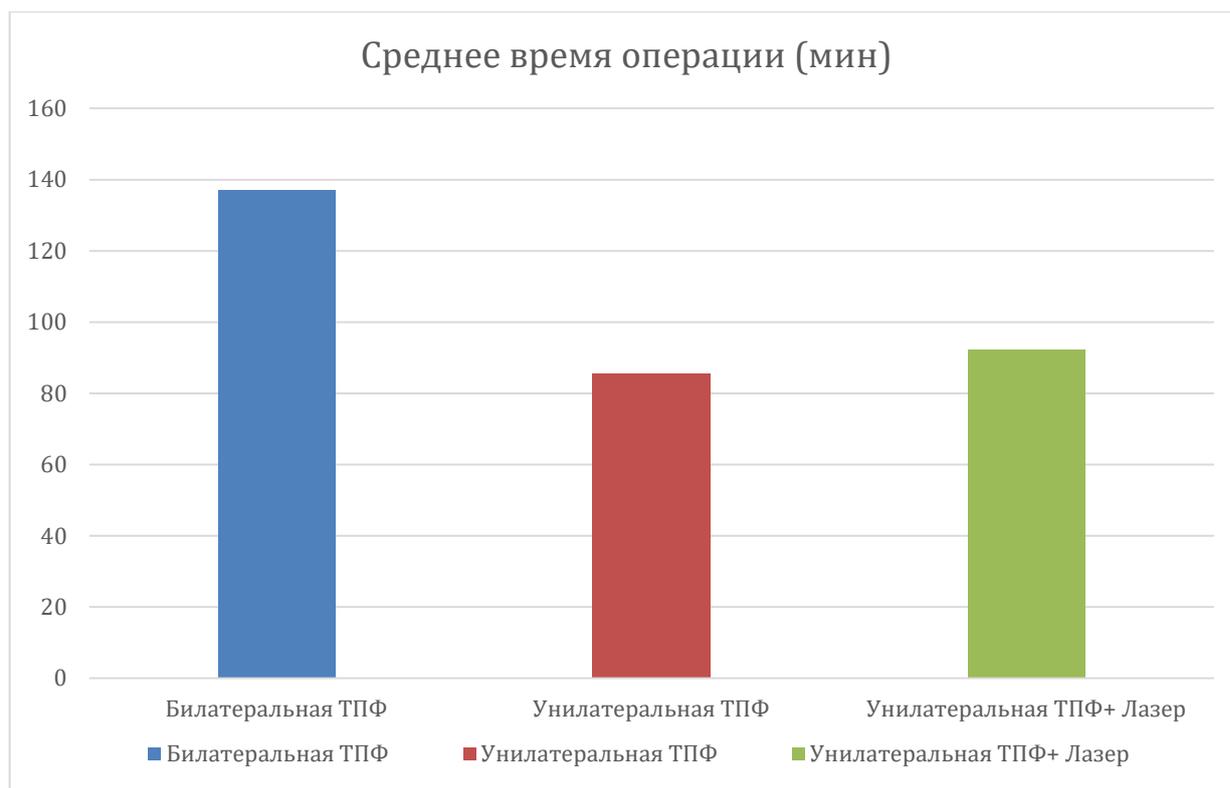


Рисунок 57 – Средняя продолжительности оперативного лечения во всех группах

Наибольшее среднее время операции отмечено в группе билатеральной транспедикулярной фиксации (группа 1)- $137,1 \pm 5,26$ минут; на 32,7% меньше времени, в среднем, была длительность оперативного лечения ($92,2 \pm 3,42$ минут) группы унилатеральной фиксации дополненная лазерной остеоперфорацией фасеточного сустава с контрлатеральной стороны (группа 3). Меньше всего длительность оперативного лечения зарегистрирована во второй группе пациентов, которым была выполнена унилатеральная транспедикулярная фиксация и составила $85,4 \pm 4,28$ минут. Отмечается

выраженное различие между исследуемыми группами в длительности оперативного лечения (ДИ 95%, $p < 0,05$).

Интраоперационная кровопотеря. Показатели интраоперационной кровопотери были зарегистрированы во всех трех группах (рисунок 58).

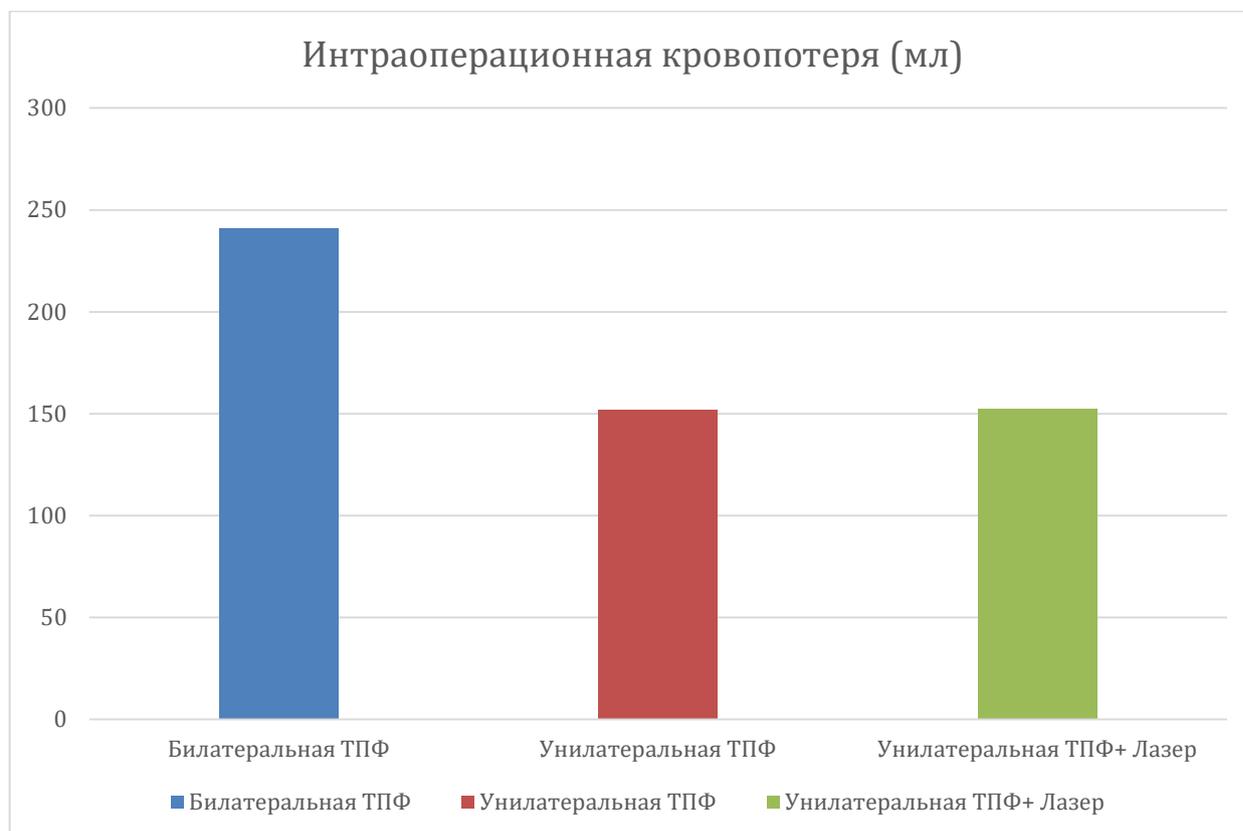


Рисунок 58 – Средняя интраоперационная кровопотеря во всех группах

Самая большая средняя кровопотеря зарегистрирована в первой группе пациентов (билатеральная транспедикулярная фиксация) и составляет $245,1 \pm 3,64$ мл. Значительно меньшая средняя кровопотеря была зарегистрирована во второй и третьей группе пациентов. Они составили примерно одинаковые величины - $151,8 \pm 2,95$ мл и $152,5 \pm 3,11$ мл (ДИ 95%, $p > 0,05$) соответственно.

Были выявлены значимые различия по средней кровопотере между группами 1 и 2, и группами 1 и 3 (ДИ 95%, $p_{12} < 0,05$, $p_{13} < 0,05$). Статистически значимых различий в интраоперационной кровопотере между группами 2 и 3 выявлено не было (ДИ 95%, $p_{23} > 0,05$).

Визуально-аналоговая шкала боли (ВАШ). Результаты лечения пациентов во всех трех группах были оценены по шкале ВАШ для боли в пояснице и боли в нижней конечности (рисунок 59).

В предоперационном периоде пациенты демонстрировали высокие показатели по данным визуально-аналоговой шкалы боли для боли в пояснице. Эти показатели значительно снизились во всех группах уже через 3 месяца после оперативного лечения.

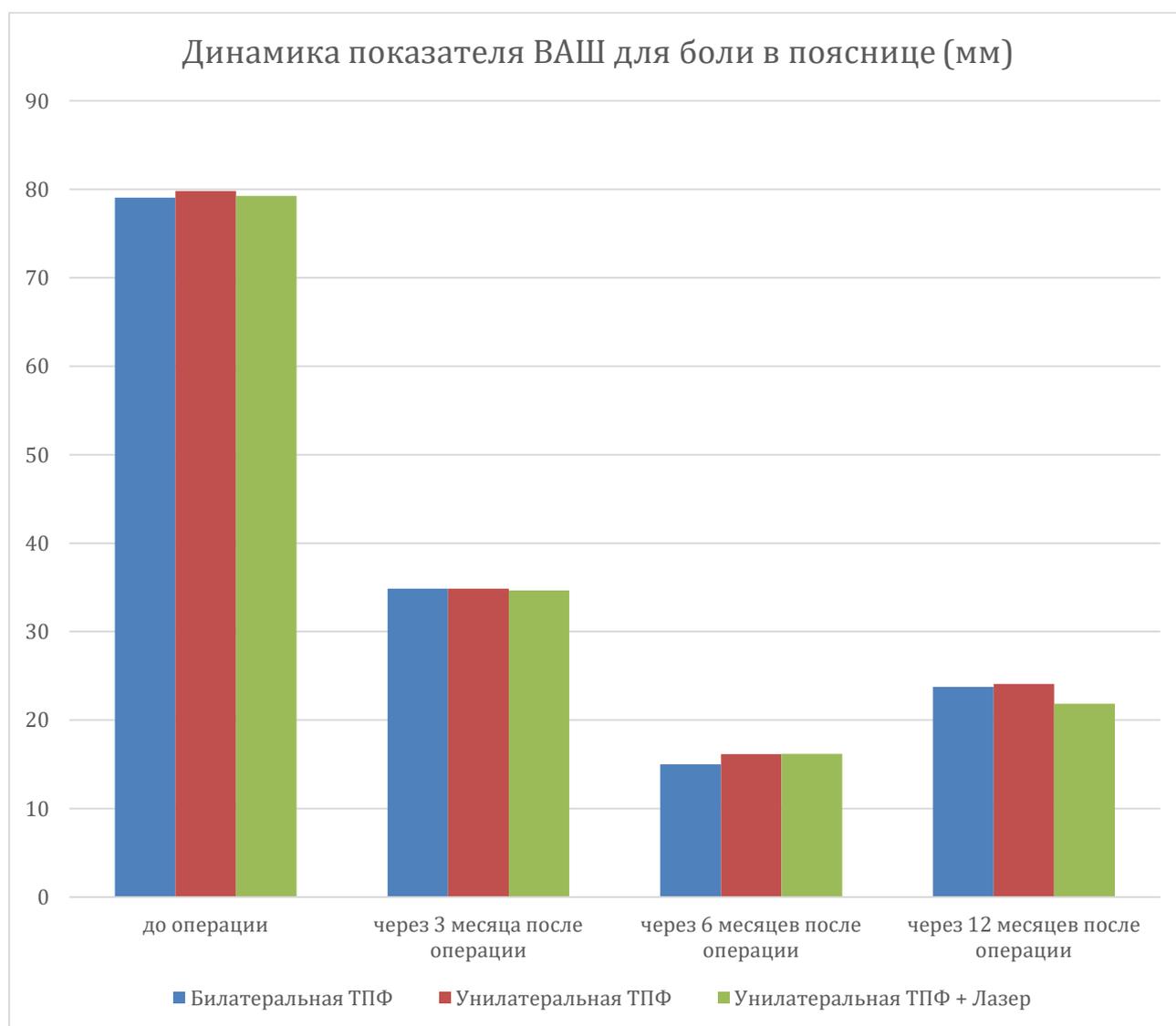


Рисунок 59 - Динамика показателя ВАШ для боли в пояснице

Подробнее с полученными функциональными результатами лечения оценки болевого синдрома в спине по шкале ВАШ пациентов всех

исследуемых групп можно ознакомиться в таблице №3. Статистически значимых различий между группами выявлено не было до операции и через 3, 6 месяцев. Однако, были

выявлены статистически значимые различия в оценке болевого синдрома в пояснице через 12 месяцев после оперативного лечения при сравнении результатов в группах 1 и 3 и 2 и 3.

Таблица 3 - Сравнение средних величин ВАШ для боли в пояснице в динамике во всех исследуемых группах

		До	3 мес.	6 мес.	12 мес.
Группа 1	M	79,05	34,85	15,14	23,75
	σ	2,259	1,461	1,451	1,552
Группа 2	M	79,82	34,85	16,15	24,12
	σ	1,936	0,988	1,089	1,334
Группа 3	M	79,25	34,65	16,21	21,85
	σ	2,552	0,933	1,576	1,565
p		0,558	0,819	0,412	0,047
p12		0,734	0,248	0,457	0,124
p13		0,374	0,928	0,584	0,022
p23		0,624	0,524	0,434	0,042

p- достоверность различия среднего в трех группах;

p12- достоверность различий между первой и второй группой;

p13- достоверность различий между первой и третьей группой;

p23- достоверность различий между второй и третьей группой

Оценка результатов хирургического лечения также проводилась на основании полученных данных по визуально-аналоговой шкале боли в нижней конечности. Оценивалась выраженность болевого синдрома с патогномоничной стороны. Дооперационные показатели болевого синдрома были высокими и схожими во всех исследуемых группах пациентов, статистически значимых различий выявлено не было (ДИ 95%, $p=0,425$). С динамикой болевого

синдрома в нижней конечности по шкале ВАШ можно подробнее ознакомиться на рисунке №60.

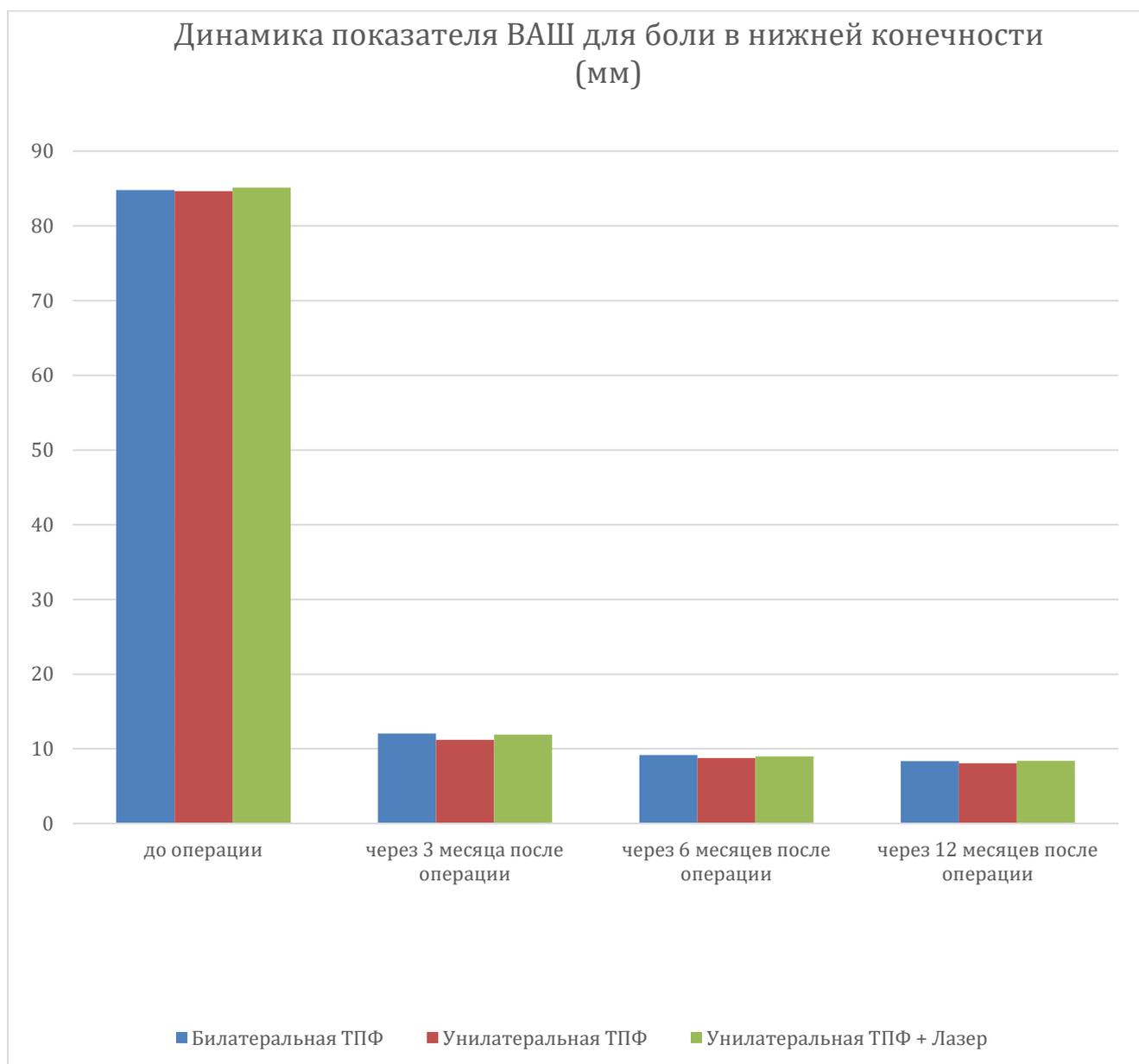


Рисунок 60 - Динамика показателя ВАШ для боли в нижней конечности

Подробнее с полученными результатами оперативного лечения по визуально-аналоговой шкале для боли в нижней конечности можно ознакомиться в таблице 4.

Таблица 4 - Сравнение средних величин ВАШ для боли в нижней конечности в динамике во всех исследуемых группах

		До	3 мес	6 мес	12 мес
Группа 1	М	84,82	12,05	9,15	8,35
	σ	1,399	1,356	1,631	1,631
Группа 2	М	84,65	11,2	8,75	8,05
	σ	1,226	1,436	1,682	1,932
Группа 3	М	85,15	11,92	9,22	8,42
	σ	1,04	0,912	1,806	1,314
p		0,425	0,082	0,757	0,413
p12		0,328	0,094	0,572	0,326
p13		0,573	0,124	0,872	0,528
p23		0,237	0,072	0,584	0,422

p – достоверность различия средних;

p12- достоверность различий между первой и второй группой;

p13- достоверность различий между первой и третьей группой;

p23- достоверность различий между второй и третьей группой

Oswestry disability index (ODI). Для оценки изменения уровня жизни пациентов при болях в нижней части спины использовался индекс инвалидности Oswestry (Oswestry Disability Index). Были зарегистрированы предоперационные и послеоперационные показатели ODI.

Средние предоперационные показатели индекса Oswestry составили $85,6 \pm 3,24$ % для первой группы пациентов, во группе унилатеральной фиксации средний индекс Oswestry составил $86,9 \pm 3,62$ %. ODI для группы, которой была выполнена унилатеральная транспедикулярная фиксация вместе с лазерной остеоперфорацией контрлатерального фасеточного сустава, до операции составил $85,3 \pm 3,31$ %. Индексы Oswestry во всех исследуемых группах сопоставимы между собой и свидетельствуют о выраженной инвалидизации пациентов, связанную с болью в области поясницы. С динамикой индекса Oswestry можно подробнее ознакомиться на рисунке №61.

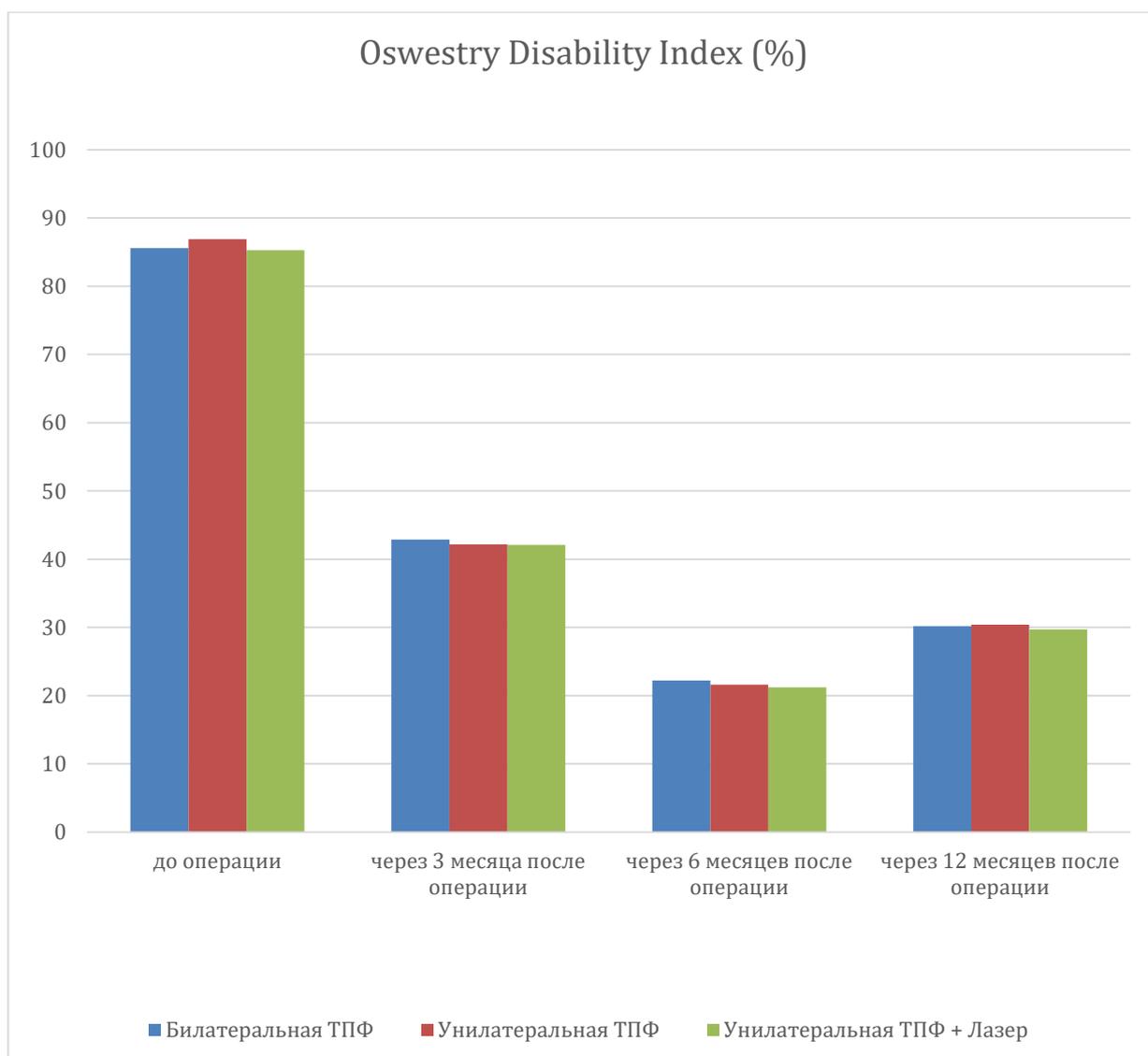


Рисунок 61 – Динамика Oswestry Disability Index (ODI) для исследуемых групп

Статистически значимых различий между группами выявлено не было. Подробнее с полученными результатами данных опросника Oswestry можно ознакомиться в таблице № 5.

Таблица 5 - Сравнение средних показателей Oswestry Disability Index в динамике во всех исследуемых группах

		До	3 мес	6 мес	12 мес
Группа 1	М	85,6	42,9	22,2	30,2
	σ	3,24	2,93	2,58	2,33
Группа 2	М	86,9	42,2	21,6	30,4
	σ	3,62	2,82	2,79	2,21
Группа 3	М	85,3	42,1	21,2	29,7
	σ	3,31	2,12	2,54	2,08
р		0,289	0,584	0,489	0,590
р12		0,186	0,482	0,628	0,480
р13		0,244	0,624	0,522	0,624
р23		0,294	0,482	0,328	0,572

р – достоверность различия средних;

р12- достоверность различий между первой и второй группой;

р13- достоверность различий между первой и третьей группой;

р23- достоверность различий между второй и третьей группой

Особенности течения послеоперационного периода. Для всех трех групп исследуемых пациентов были проанализированы особенности течения послеоперационного периода. Всего было зарегистрировано 4 случая нехарактерного течения послеоперационного периода в исследуемых группах. Интересно отметить, что 3 из них (75%) были зарегистрированы в группе билатеральной транспедикулярной фиксации.

4 случая были разделены на две группы. К первой группе был отнесен синдром смежного уровня (ССУ), ко второй – послеоперационная серома.

У двух пациентов был диагностирован синдром смежного уровня вышележащего смежного позвоночно-двигательного сегмента. Обоим пациентам была выполнена билатеральная транспедикулярная фиксация на уровне L4-L5. В обоих случаях ССУ был диагностирован с помощью рентгенологического исследования и сбора анамнеза у пациентов более чем

через 12 месяцев после оперативного лечения. Он так же был подтвержден благодаря выполнению магнитно-резонансной томографии пояснично-крестцового отдела позвоночника.

Важно отметить, что возраст пациентов с диагностированным синдромом смежного уровня составлял 23 и 34 года и оба они были мужчинами.

Обоим пациентам была выполнена ревизионная операция с выполнением межкостистой стабилизации позвоночно-двигательного сегмента L3-L4 и удалением системы транспедикулярной фиксации.

Так же у двух пациентов были диагностированы послеоперационные серомы, связанные с проведением оперативного лечения.

В первом случае, это был мужчина, 64 года, которому была выполнена унилатеральная транспедикулярная фиксация на уровне L5-S1 (2 группа). Через 16 дней после оперативного лечения пациент начал отмечать локальную гиперемию, гипертермию в области послеоперационного рубца. Было выполнено ультразвуковое исследование поясничной области и области послеоперационного рубца, диагностирована послеоперационная серома. Пациенту был проведен курс консервативной терапии, который включал в себя пункцию серомы, терапию нестероидными противовоспалительными средствами (НПВС-терапию) и курс антибиотикотерапии. Через 5 дней температура (общая и локальная) нормализовались, отмечает регресс болевой симптоматики в области послеоперационного рубца.

Второй случай был зарегистрирован у пациента 1 группы, которому была выполнена декомпрессивно-стабилизирующая операция на уровне L3-L4 (Билатеральная транспедикулярная фиксация). В этом случае это была женщина 58 лет. Через 10 дней после операции пациент отметил усиление болевого синдрома в области операции, повышение общей температуры тела, локальную гипертермию. В рамках диагностического ультразвукового исследования была диагностирована послеоперационная серома, которая была эвакуирована с помощью пункции. Консервативное лечение в этом случае также включал в себя НПВС-терапию и курс антибиотикотерапии. Через 3

суток пациенту были сняты швы, на 15 сутки после оперативного лечения отмечалась нормализация температуры тела и регресс болевого синдрома в области послеоперационного рубца.

Ни в одном из зарегистрированных случаев не потребовалось ревизионное оперативное лечение и удаление установленных ортопедических фиксаторов.

Послеоперационное МСКТ. Пациентам исследуемых групп (групп 2 и 3) было выполнено контрольное МСКТ исследование через 12 месяцев после операции для оценки формирования анкилоза дугоотростчатых суставов к контрлатеральной стороны от выполнения унилатеральной фиксации. В группе унилатеральной транспедикулярной фиксации (2 группа) фиброзный анкилоз контрлатерального дугоотростчатого сустава был зарегистрирован в трех случаях (15%). В группе, которым была выполнена унилатеральная транспедикулярная фиксация дополненная лазерной остеоперфорацией с контрлатеральной стороны (группа 3), фиброзный анкилоз контрлатерального дугоотростчатого сустава был зарегистрирован у всех 20 исследуемых пациентов (100%).

Обсуждение полученных результатов. Сравнивая исследуемые группы, можно констатировать, что пациенты во всех группах имеют схожие показатели в послеоперационном периоде по полученным функциональным результатам. Результаты исследуемых пациентов согласно Oswestry Disability Index и визуально-аналоговым шкалам для боли в пояснице и в нижней конечности показали схожие результаты во всех группах. Однако, стоит отметить, что вертеброгенный болевой синдром у пациентов 3 группы (Унилатеральная транспедикулярная фиксация + Лазерная остеоперфорация контрлатерального дугоотростчатого сустава) ниже через 12 месяцев чем у пациентов остальных групп: в среднем на 1,9 мм (ДИ 95%, $p=0,022$) в сравнении с первой группой и в среднем на 2,3 мм (ДИ 95%, $p=0,042$) ниже чем во второй группе. Эти различия являются статистически значимыми и могут быть связаны с выполнением лазерной остеоперфорации фасеточного сустава с противоположной стороны, что в свою очередь помогает в лечении

спондилоартроза оперированного позвоночно-двигательного сегмента. Применение лазерного излучения способствует формированию фиброзного анкилоза фасеточного сустава и уменьшению вертеброгенного болевого синдрома на фоне спондилоартроза. Однако, несмотря на статистически значимые отличия в выраженности болевого синдрома в пояснице через 12 месяцев, клинически значимыми отличиями признаются отличия более чем на 13 мм по визуально-аналоговой шкале боли, следовательно можно говорить о клинически незначительном снижении вертеброгенного болевого синдрома.

Согласно полученным данным, длительность оперативного лечения выражено различается в исследуемых группах. Средняя длительность оперативного лечения в группе билатеральной транспедикулярной фиксации на 35,5% превосходит длительность в группах 2 и 3. Что может говорить статистически значимом различии в длительности оперативного лечения в группах 1 и 2 и 1 и 3 (ДИ 95%, $p < 0,05$), о большей травматизации и о том, что требуется большее количество препаратов для проведения интраоперационного наркоза и обезболивания, что в дальнейшем может сказаться на общем соматическом статусе пациента. Риск инфекционных осложнений так же напрямую связан с длительностью оперативного лечения.

Показатели интраоперационной кровопотери были различными во всех исследуемых группах. Наименьшая средняя кровопотеря зарегистрирована в группе 2 и в группе 3, различие в этих группах было статистически незначимым (ДИ 95%, $p > 0,05$). На 61,2 % большая средняя кровопотеря зарегистрирована в группе билатеральной транспедикулярной фиксации, что связано с травматичностью операции и необходимостью оперативного доступа для выполнения фиксации с контрлатеральной стороны. Различие между интраоперационной кровопотерей в группах 1 и 2 и 1 и 3 было статистически значимым (ДИ 95%, $p < 0,05$). Так же пациенты после выполнения унилатеральной транспедикулярной фиксации отмечают выраженный болевой синдром в области операции на первые сутки, что также может быть связано с оперативным доступом и травматичностью операции.

Послеоперационная серома не имеет связи с методикой выполнения задней стабилизации позвоночно-двигательного сегмента, так как они были зарегистрированы, как в группе билатеральной, так и в группе унилатеральной транспедикулярной фиксации (группы 1 и 2). И они могут быть связаны с индивидуальными особенностями течения послеоперационного периода у пациентов. Однако, стоит отметить, что серомы в группе 3 (Унилатеральная транспедикулярная фиксация + Лазерная остеоперфорация контрлатерального дугоотростчатого сустава) зарегистрировано не было, что может свидетельствовать об антисептических свойствах лазерного излучения при выполнении остеоперфорации.

Синдром смежного уровня после выполнения билатеральной транспедикулярной фиксации может быть связан с излишней ригидностью установленной системы и оперированного позвоночно-двигательного сегмента на этом уровне. Так же, интересно отметить тот факт, что это осложнение было зарегистрировано только у пациентов молодого возраста, до 40 лет, что может свидетельствовать о большей физической активности молодых пациентов по сравнению с пациентами старшей возрастной группы в послеоперационном периоде. Это может свидетельствовать о ухудшении качества жизни пациентов молодого возраста в отдаленном послеоперационном при выборе билатеральной транспедикулярной фиксации в качестве стабилизации в лечении дегенеративно-дистрофических заболеваний пояснично-крестцового отдела позвоночника.

Если говорить о результатах МСКТ исследования через 12 месяцев после оперативного лечения, то стоит отметить, что фиброзный анкилоз был сформирован у 100% пациентов группы 3 (УТПФ + Лазер). Это свидетельствует о том, что лазерная остеоперфорация дугоотростчатого сустава в дополнении к унилатеральной транспедикулярной фиксации способствует повышению стабильности оперированного позвоночно-двигательного сегмента.

Таким образом, применение унилатеральной транспедикулярной фиксации в лечении дегенеративно-дистрофических заболеваний пояснично-крестцового

отдела позвоночника позволяет добиться хороших клинических результатов, которые остаются на уровне билатеральной транспедикулярной фиксации. Однако, интраоперационная кровопотеря и длительность оперативного лечения в группах изолированной унилатеральной фиксации и унилатеральной транспедикулярной фиксации с лазерной остеоперфорацией контрлатерального дугоотростчатого сустава составляют значительно меньшие величины, относительно этих показателей в группе билатеральной фиксации. Излишняя ригидность билатеральной фиксации может приводить к возникновению синдрома смежного уровня вышележащего позвоночно-двигательного сегмента. Количество интраоперационных осложнений и выраженный болевой синдром в раннем послеоперационном периоде так же может относиться к негативным последствиям билатеральной транспедикулярной фиксации из-за выраженной травматичности этой методики. В отдаленном послеоперационном периоде преимущество в сниженном болевом синдроме в спине получила методика унилатеральной транспедикулярной фиксации, дополненная лазерной остеоперфорацией дугоотростчатого сустава с контрлатеральной стороны, которое может быть связано с ее влиянием на течение спондилоартроза и денервацию капсулы дугоотростчатого сустава оперируемого позвоночно-двигательного сегмента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование было разделено на два этапа. Первый этап включал в себя выполнение биомеханического моделирования позвоночно-двигательных сегментов для сравнения билатеральной и унилатеральной транспедикулярной фиксации без внедрения межтелового импланта, во второй этап вошло проспективное клиническое исследование.

Для моделирования поясничного отдела позвоночника была создана 3D конечно-элементная модель с помощью ANSYS версии 11.0 (ANSYS Inc, Pennsylvania) с воссозданием как костных, так и связочных структур. Для построения модели геометрия позвонков была принята с использованием данных компьютерной томографии (КТ) позвонков L3-L4. Была приложена нагрузка для определения напряжений после установки стабилизирующей системы при осевой нагрузке, сгибании, разгибании и ротации позвоночника. Исходя из полученных результатов, напряжение во всех исследуемых моделях при разных векторах нагрузки было сосредоточено на стержнях винтов, фасеточных суставах и остистых отростках смежных сегментов поясничного отдела позвоночника.

Моделирование напряжения при осевой нагрузке показало схожие результаты для обоих вариантов транспедикулярной фиксации, как и остальные варианты направленной силы в обеих моделях. Из-за чрезмерной ригидности конструкции возможны варианты послеоперационных осложнений при выборе билатеральной системы транспедикулярной фиксации в качестве стабилизирующей конструкции. Основными из которых является синдром смежного уровня и усталостный перелом стержня транспедикулярного винта.

Интересно отметить, что при моделировании большей осевой нагрузки, чем 500 Нм, зарегистрировано выраженное напряжение на балке транспедикулярной системы при унилатеральной фиксации, что является доказательством теории о том, что унилатеральная транспедикулярная фиксация противопоказана пациентам с высоким индексом массы тела (ИМТ >

30). Что может являться противопоказанием к установке системы унилатеральной транспедикулярной фиксации.

В рамках клинического исследования в клинике травматологии, ортопедии и патологии суставов Университетской клинической больницы №1, ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) с 2020 по 2022г. выполнено проспективное, рандомизированное исследование 60 пациентов от 18 до 55 лет с одноуровневыми дегенеративно-дистрофическими заболеваниями пояснично-крестцового отдела позвоночника. Всем пациентам была выполнена декомпрессивно-стабилизирующая операция на пояснично-крестцовом отделе позвоночника. Все пациенты были рандомизированы случайным образом с помощью компьютерной программы и разделены на три группы, в каждую из которых вошло 20 пациентов. После окончания предоперационного обследования пациентам сообщали результаты рандомизации, разъясняли особенности планируемого хирургического лечения, и пациенты подписывали согласие на операцию. Разница в хирургическом лечении была исключительно в выборе типа стабилизирующей конструкции, декомпрессивный этап всем пациентам был выполнен по одной и той же методике:

- Пациентам 1 группы была выполнена билатеральная транспедикулярная фиксация
- Пациентам 2 группы была выполнена унилатеральная транспедикулярная фиксация
- Пациентам 3 группы была выполнена унилатеральная транспедикулярная фиксация с лазерной остеоперфорацией контрлатерального фасеточного сустава.

Среди всех пациентов, которые были включены в исследование преобладали женщины (57%). Средний возраст пациентов составил $36,3 \pm 6$ лет. ($36,4 \pm 6$ для первой группы, $35,5 \pm 6,09$ лет для второй группы, $36,6 \pm 6,18$ лет для третьей группы пациентов). Средний рост пациентов составил $171 \pm 6,6$ см (для первой группы $171 \pm 7,1$ см, $171,2 \pm 6,3$ см для второй группы, $171 \pm 6,9$ см

для третьей группы). Средний вес пациентов всех групп $81,28 \pm 6,79$ кг (средний ИМТ $27,76 \pm 1,26$). Для пациентов первой группы средний вес составил $80,7 \pm 7,14$ кг (средний ИМТ $27,58 \pm 1,60$), для второй группы - $81,85 \pm 7,12$ кг (средний ИМТ $27,90 \pm 0,98$), средний вес среди пациентов третьей группы составил $81,3 \pm 6,38$ кг (средний ИМТ $27,8 \pm 1,16$).

Всем пациентам до операции было выполнено клиническое обследование и магнитно-резонансная томография пояснично-крестцового отдела позвоночника. Большая часть дегенеративно-дистрофических изменений было зарегистрировано на уровне L4-L5(58,33%), затем следуют позвоночно-двигательные сегменты L5-S1(25%) и L3-L4(16,66%). До операции и в послеоперационном периоде оценивали болевой синдром в пояснице и в нижней конечности по визуально-аналоговой шкале (ВАШ), нарушение жизнедеятельности при болях в пояснице оценивалась по Oswestry Disability Index (ODI). Временными контрольными точками были взяты 3, 6, 12 месяцев после операции.

Оценка боли в пояснице и нижней конечности по шкале ВАШ для группы билатеральной фиксации составила $79,05 \pm 2,26$ мм и $84,8 \pm 1,40$ мм соответственно до операции, $34,85 \pm 1,46$ мм и $12,05 \pm 1,36$ мм через три месяца после операции, через 6 месяцев результаты по шкале ВАШ для первой группы составили $15 \pm 1,45$ мм и $9,15 \pm 1,63$ мм и $23,75 \pm 1,55$ мм и $8,35 \pm 1,63$ для боли в пояснице и нижней конечности через 12 месяцев после операции.

Для второй группы средняя оценка болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале составили $79,8 \pm 1,94$ мм (поясница) и $84,65 \pm 1,23$ мм (нижняя конечность), через три месяца $34,85 \pm 0,99$ мм и $12,05 \pm 1,36$ мм соответственно, средний болевой синдром по ВАШ для боли в пояснице и нижней конечности $16,15 \pm 1,09$ мм и $9,15 \pm 1,63$ мм через 6 месяцев после операции, $24,1 \pm 1,33$ мм и $8,35 \pm 1,63$ мм через год после операции для группы унилатеральной транспедикулярной фиксации.

Боль в пояснице и нижней конечности в группы унилатеральной транспедикулярной фиксации дополненной лазерной остеоперфорацией

контрлатерального фасеточного сустава (группа 3) по ВАШ в среднем составила $79,25 \pm 2,55$ мм и $85,15 \pm 1,04$ мм до операции, через три месяца $34,65 \pm 0,93$ мм и $11,9 \pm 0,91$ мм соответственно, через шесть месяцев $16,2 \pm 1,58$ мм (поясница) и $9 \pm 1,80$ мм (нижняя конечность), $21,85 \pm 1,57$ мм для боли в пояснице и $8,4 \pm 1,31$ мм для боли в нижней конечности через 12 месяцев после операции.

Индекс Oswestry так же был зарегистрирован во всех исследуемых группах до операции, через 3, 6, 12 месяцев после выполненного оперативного лечения. Средний ODI для пациентов первой группы составил $85,6 \pm 3,24$ % до операции, $42,9 \pm 2,93$ % через три месяца, $22,2 \pm 2,58$ % и $30,2 \pm 2,33$ % через 6 и 12 месяцев после операции соответственно.

Во второй группе пациентов, которым была выполнена унилатеральная транспедикулярная фиксация средний показатель индекса инвалидности Oswestry до операции составил $86,9 \pm 3,62$ %, через 3 месяца после оперативного лечения он снизился до $42,2 \pm 2,82$ %, через 6 месяцев еще больше снизился до $21,6 \pm 2,79$ % и незначительно повысился до $30,4 \pm 2,21$ % через год. Средний показатель ODI в третьей группе пациентов (унилатеральная ТПФ + лазерная остеоперфорация) до операции составлял $85,3 \pm 3,31$ %, через 3 и 6 месяцев было зарегистрировано снижение до $42,1 \pm 2,12$ % и $21,2 \pm 2,54$ % соответственно, а через 12 месяцев после оперативного лечения составил $29,7 \pm 2,08$ %.

Самая большая длительность операции была зарегистрирована в группе билатеральной транспедикулярной фиксации и в среднем составила $137,1 \pm 5,26$ минут, что может быть связано с необходимостью выполнения хирургического доступа с контрлатеральной стороны для установки транспедикулярной системы. Значительно меньшее время было в среднем затрачено на выполнение унилатеральной транспедикулярной фиксации и на выполнение унилатеральной транспедикулярной фиксации дополненной лазерной остеоперфорацией контрлатерального фасеточного сустава: $85,4 \pm 4,28$ минут и $92,2 \pm 3,42$ минут. В последнем случае небольшое увеличение

средней длительности оперативного вмешательства связано с выполнением непосредственно лазерной остеоперфорации.

Пациентам трех групп так же были зарегистрированы показатели интраоперационной кровопотери, наименьшая из которых в среднем составила $151,8 \pm 2,95$ мл для второй группы пациентов, которым была выполнена унилатеральная транспедикулярная фиксация. Немного большей средней кровопотеря была зарегистрирована в группе унилатеральной транспедикулярной фиксации, дополненной лазерной остеоперфорацией - $152,5 \pm 3,11$ мл. Значительно превосходящая по объему средняя интраоперационная кровопотеря была зарегистрирована в группе билатеральной транспедикулярной фиксации ($245,1 \pm 3,64$ мл), что так же может быть связано с травматичностью методики билатеральной транспедикулярной фиксации, длительностью оперативного лечения и более выраженному болевому синдрому в области оперативного лечения на следующие сутки после оперативного лечения.

Среди всех групп пациентов было зарегистрировано 4 случая послеоперационных осложнений, 3 из которых произошли в группе билатеральной транспедикулярной фиксации. Два из этих трех осложнений были связаны с возникновением синдрома смежного уровня вышерасположенного позвоночно-двигательного сегмента, что может быть связано с излишней ригидностью установленной системой билатеральной транспедикулярной фиксации. Два осложнения, которые произошли в первой и во второй группах, были связаны с развитием серомы области послеоперационного рубца. В обоих случаях удалось потребовался курс консервативного лечения без удаления ортопедических имплантов.

Унилатеральная транспедикулярная фиксация и билатеральная транспедикулярная фиксация показали схожие клинические результаты. Группа унилатеральной фиксации, дополненная лазерной остеоперфорацией контрольной фасеточного сустава показала так же аналогичные результаты, однако, вертеброгенный болевой синдром в отдаленном

послеоперационном периоде ниже именно у этой группы, что может свидетельствовать о влиянии остеоперфорации на симптоматику спондилоартроза оперированного позвоночно-двигательного сегмента. Долгосрочные результаты также у обоих видов фиксации незначительно отличаются друг от друга. Длительность оперативного лечения, количество использованных имплантов, а также интраоперационная кровопотеря ниже у обеих групп унилатеральной фиксации, что свидетельствует о том, что применение унилатеральной фиксации является хорошим выбором при выполнении задней стабилизации при одноуровневом дегенеративно-дистрофическом заболевании позвоночника без внедрения межтелового импланта у пациентов молодого и среднего возраста (до 55 лет) с нормальным индексом массы тела.

ВЫВОДЫ

1. Математическое моделирование показало, что при унилатеральной транспедикулярной фиксации позвоночно-двигательного сегмента возникающие разрушающие нагрузки на металлоконструкцию не достигают предела ее прочности, что подтверждает стабильность и безопасность использования данной методики.

2. Унилатеральная транспедикулярная фиксация позвоночно-двигательного сегмента в поясничном отделе занимает в 1,6 раза меньше времени и сопровождается меньшей кровопотерей чем билатеральная в 1,6 раза.

3. Лазерная остеоперфорация контрлатерального фасеточного сустава стимулирует формирование фиброзного анкилоза, чем увеличивает стабильность унилатеральной фиксации позвоночно-двигательного сегмента, при этом требуя дополнительно всего 6,8 мин операционного времени ($p > 0,05$)

4. Разработанная методика лечения пациентов с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями пояснично-крестцового отдела позвоночника, сочетающая унилатеральную транспедикулярную фиксацию с лазерной остеоперфорацией контрлатеральных фасеточных суставов, позволила избежать в послеоперационном периоде случаев развития синдрома смежного уровня, добиться снижения болевого синдрома в пояснице через 12 месяцев на 1,9 мм по ВАШ соответственно и лучших на 0,5 % показателей по шкале ODI по сравнению с методикой билатеральной транспедикулярной фиксации.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При одноуровневых дегенеративно-дистрофических поражениях в пояснично-крестцовом отделе позвоночника у пациентов молодого и среднего возраста с ИМТ $<30 \text{ кг/м}^2$ унилатеральная транспедикулярная фиксация может рассматриваться как равноценная по надежности, менее травматичная и дорогостоящая альтернатива билатеральной методике.

2. В комплексном лечении пациентов с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями позвоночника в пояснично-крестцовом отделе в дополнение к унилатеральной транспедикулярной фиксации может быть рекомендовано выполнение лазерной остеоперфорации дугоотростчатого сустава с контрлатеральной стороны по разработанной методике, что позволит стимулировать формирование фиброзного анкилоза, повысить общую надежность стабилизации позвоночного сегмента и ускорить регресс болевого синдрома.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ПДС	Позвоночно-двигательный сегмент
ТПФ	Транспедикулярная фиксация
УТПФ	Унилатеральная транспедикулярная фиксация
БТПФ	Билатеральная транспедикулярная фиксация
КТ	Компьютерная томография
ВАШ	Визуально-аналоговая шкала боли (visual analogue scale)
ИМТ	Индекс массы тела
ODI	Индекс инвалидности Освестри (Oswestry Disability Index)
МРТ	Магнитно-резонансная томография
МСКТ	Мультиспиральная компьютерная терапия
ЭОП	Электронно-оптический преобразователь
ДИ	Доверительный индекс
НПВС	Нестероидные противовоспалительные средства

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакиров, М.Д. Хирургическое лечение дегенеративных стенозов поясничного отдела позвоночника: диссертация специальность 14.01.15: диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук / Абакиров Медетбек Джумабекович; ГОУ ВПО Российский Университет Дружбы Народов. - Москва 2012. – 234 с.
2. Алейник, А.Я. Латеральный кривой (препсоас) доступ при выполнении поясничного спондилодеза (обзор) / А.Я. Алейник, С.Г. Млявых //Современные технологии в медицине. – 2021. – Т. 13. – №. 5. – С. 70-82.
3. Анализ причин ревизионных операций при хирургическом лечении больных с поясничными стенозами дегенеративной этиологии / А.А. Афаунов, И.В. Басанкин, А.В. Кузьменко [и др.]//Хирургия позвоночника. 2014. № 1. С. 86-93.
4. Анализ результатов переднего шейного спондилодеза с использованием гибридного кейджа РСВ Evolution за двухлетний период / В.А. Бывальцев, В.А. Сороковиков, А.А. Калинин [и др.] //Вопросы нейрохирургии им. НН Бурденко. – 2013. – Т. 77. – №. 1. – С. 37-45.
5. Байков, Е.С. Ключевые моменты формирования межтелового блока после декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств на пояснично-крестцовом отделе позвоночника: обзор литературы / Е.С. Байков, Н.Ю. Вернер //Гений ортопедии. – 2020. – Т. 26. – №. 3. – С. 426-431.
6. Байков, Е.С. Радиологические результаты поясничного моносегментарного спондилодеза 360° у пациентов с изменениями Modic / Е.С. Байков, О. Н. Леонова, А.В. Крутько //Гений ортопедии. – 2022. – Т. 28. – №. 5. – С. 684-691.
7. Басков, А.В. Новые возможности хирургического лечения повреждений нижнегрудного и поясничного отделов позвоночника / А.В. Басков, И.Н. Шевелев, Д.Е. Яриков // Вопросы нейрохирургии. - 1999. - № 2. - С. 6–9.
8. Бердюгина, О.В. Анализ вероятности возникновения перимплантной инфекции и ее последствия при внешней транспедикулярной фиксации

- позвоночника / О.В. Бердюгина //Гений ортопедии. – 2021. – Т. 27. – №. 6. – С. 732-739.
9. Благодатский, М.Д. Об аутоиммунологическом компоненте воспалительных реакций при корешковых синдромах поясничного остеохондроза / М.Д. Благодатский, Ю.В. Солодун //Журнал невропатологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 1987. –С. 48.
10. Булкин, А.А. Факторы, влияющие на формирование костного блока у пациентов с дегенеративной патологией поясничного отдела позвоночника / А.А. Булкин, А.Е. Боков, С.Г. Млявых //Российский нейрохирургический журнал им. профессора АЛ Поленова. – 2019. – Т. 11. – №. 2. – С. 12-16.
11. Бывальцев, В.А. Анализ факторов риска развития неудовлетворительных отдаленных клинических исходов после выполнения многоуровневых декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств на поясничном отделе позвоночника / В.А. Бывальцев, В.Ю. Голобородько, А.А. Калинин //Современные проблемы науки и образования. – 2019. – №. 6. – С. 118-118.
12. Вагнер, Е.И. Гиппократ-отец медицины / Е.И. Вагнер, А.А. Судакова //Бюллетень медицинских Интернет-конференций. – Общество с ограниченной ответственностью «Наука и инновации». - 2013. – Т. 3. – №. 11. – С. 1293.
13. Ветрилэ, С.Т. Хирургическое лечение повреждений и заболеваний позвоночника с использованием систем Steffee и Luque / С.Т. Ветрилэ, А.А. Кулешов // Вестник травматологии и ортопедии.– 1997.– №. 3. – С. 9-12.
14. Влияние реконструкции сагиттального баланса на результаты лечения пациентов пожилого и старческого возраста с дегенеративным спондилолистезом низкой степени градации: анализ моноцентровой четырехлетней когорты / В.С. Климов, И.И. Василенко, С.О. Рябых [и др.] //Гений ортопедии. – 2020. – Т. 26. – №. 4. – С. 555-564.
15. Волков, И.В. Сравнительный анализ результатов открытого и минимальноинвазивного трансфораминального поясничного межтелового

- спондилодеза / И.В. Волков, Д.А. Пташников, В.В. Хлебов //Медико-фармацевтический журнал «Пульс». – 2018. – Т. 20. – №. 8. – С. 83-88.
16. Грыжа диска-дифференциальная диагностика, вариант псевдотуморозного течения / М. А. Алиев, М. Ж. Мирзабаев, В.С. Караваев [и др.] // Вестник Казахского Национального медицинского университета. – 2021. – №. 3. – С. 97-101.
17. Гуща, А.О. Хирургия дегенеративных поражений позвоночника: национальное руководство / А.О. Гуща, Н.А. Коновалов, А.А. Гринь //М.: ГЭОТАР–Медиа. – 2019.
18. Диагностика и микрохирургическое лечение пояснично-крестцовых радикулитов / Н.А. Аль-Асбахи, К.Я. Оглезнев, О.Н. Древаль [и др.] //Вопросы нейрохирургии. - 1986. - №6. - С. 47-53.
19. Динамическая фиксация поясничного отдела позвоночника / В.А. Бывальцев, А.А. Калинин, Ю.Я. Пестряков [и др.]//Вестник травматологии и ортопедии им. НН Приорова. – 2019. – №. 2. – С. 43-55.
20. Дискогенная теория поясничного остеохондроза-обзор литературы / М.Х. Аль-Замиль, Н.А. Куликова, Е.С. Васильева [и др.] //Клиническая неврология. – 2021. – №. 2. – С. 47.
21. Дифференцированная хирургическая тактика при дегенеративных заболеваниях поясничного отдела позвоночника с использованием пункционных методик / В.А. Бывальцев, А.А. Калинин, А.К. Оконешникова [и др.] //Сибирское медицинское обозрение. – 2018. – №. 5. – С. 54-65.
22. Елизаров, М.П. Первичное тотальное эндопротезирование коленного сустава с применением активной роботической системы: диссертация специальность 14.01.15: диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Елизаров Михаил Павлович; Первый Московский Государственный Университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет). - Москва 2022. – 218 с.
23. Злотник, Э.И. Основные вопросы диагностики и хирургического лечения радикулярного синдрома при поясничном остеохондрозе / Э.И. Злотник, С.Ф.

- Секач, Р.А. Куприянов //М-лы II съезда невропатологов и психиатров Белоруссии. Минск. – 1980. – С. 117-119.
24. Исторические очерки по диагностике и лечению болезни Бехтерева / М.А.Д. Ал-Лами, А.Л. Емелин, И.Ф. Ахтямов [и др.] //Практическая медицина. – 2019. – Т. 17. – №. 6-2. – С. 10-16.
25. История развития хирургического лечения дегенеративно-дистрофических заболеваний поясничного отдела позвоночника / А.В. Яриков, С.Е. Павлинов, А.М. Мереджи [и др.] //Московский хирургический журнал. – 2020. – №. 3. – с. 121-136.
26. История хирургического лечения корешковой боли при патологии межпозвонкового диска / В. А. Бывальцев, Е. Г. Белых, А. А. Калинин [и др.] // Хирургия позвоночника. – 2016. – Т. 13, № 3. – С. 78-89
27. Корж, А.А. Оперативные доступы к грудным и поясничным позвонкам / А.А. Корж, Р.Р. Талышинский, Н.И. Хвисюк //М.: Медицина. – 1968.
28. Корж, А.А. Технические особенности укорочения позвоночного столба и реконструкции спинного мозга в эксперименте и клинике / А.А. Корж, А.И. Продан, Г.Х. Грунтовский, А.В. Филиппенко // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1988. – №. 3. – С. 1-4.
29. Лечение дегенеративных поражений поясничного отдела позвоночника с использованием межкостистых динамических имплантатов COFLEX и DIAM / А.Е. Симонович, С.П. Маркин, А.А. Байкалов [и др.] //Хирургия позвоночника. – 2007. – №. 1. – С. 21-28.
30. Лечение пациентов с дегенеративными деформациями поясничного отдела позвоночника с использованием MIS-технологий: анализ 5-летних результатов / И.И. Василенко, А.В. Евсюков, С.О. Рябых [и др.] //Хирургия позвоночника. – 2022. – Т. 19. – №. 4. – С. 52-59.
31. Мазуренко, А.Н. Рентгенологическая оценка результатов спондилодеза при использовании сетчатых титановых имплантатов / А.Н. Мазуренко//Медицинские новости. – 2020. – №. 6 (309). – С. 47-51.

32. Мазуренко, А.Н. Транспедикулярная фиксация поясничного отдела позвоночника при его деформациях и дегенеративно-дистрофических поражениях / А.Н. Мазуренко // Медицинские новости. - 2012. - № 4. - С. 32-36.
33. Макаревич, С.В. Исторические аспекты транспедикулярной фиксации позвоночника: обзор литературы / С.В. Макаревич // Хирургия позвоночника. – 2018. – Т. 15. – №. 4. – С. 95-106.
34. Макиров, С.К. Структурно-функциональные нарушения при остеохондрозе пояснично-крестцового отдела позвоночника (диагностика и хирургическое лечение): специальность 14.00.22: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора медицинских наук / Макиров Серик Калиулович ; Московская Медицинская Академия имени И.М. Сеченова. - Москва 2006. – 185 с.
35. Межсегментарный анастомоз спинного мозга при лечении осложненной травмы груднопоясничного отдела позвоночника / Г.С. Юмашев, Ю.В. Румянцев, А.Г. Аганесов [и др.] // Ортопедия, травматология и протезирование. 1988. № 3. С. 4–6.
36. Микаилов, С.Ю. Обоснование хирургического лечения дегенеративно-дистрофических заболеваний поясничного отдела позвоночника различными способами: специальность 14.01.18: диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Микаилов Самур Юнусович ; ФГБОУ ВО «Северо-Западный Государственный Медицинский Университет Имени И.И. Мечникова». – Санкт-Петербург 2017. – 182 с.
37. Миначов, Б.Ш. Диагностика и хирургическое лечение нестабильных осложненных повреждений грудного и поясничного отделов позвоночника / Б.Ш. Миначов, В.А. Халиков, Л.М. Фазулова //Здравоохранение Башкортостана. – 1998. – №. S2. – С. 156-156.
38. Минимально инвазивный трансфораминальный межтеловой спондилодез и восстановление сегментарного и поясничного лордоза / А.Д. Сангинов, Е.С.

- Байков, А.В. Пелеганчук [и др.] //Современные проблемы науки и образования. – 2020. – №. 4. – С. 149-149.
39. Михайловский, М.В. Хирургия позвоночника по Цивьяну / М.В. Михайловский //Хирургия позвоночника. – 2020. – Т. 17. – №. 3. – С. 6-19.
40. Михайловский, М.В. Этапы развития вертебральной хирургии: исторический экскурс / М.В. Михайловский // Хирургия позвоночника. – 2004. - №1. – С. 10-24.
41. Опыт применения динамической межкостистой фиксации в лечении стеноза поясничного отдела позвоночника / О.Н. Озерянская, В.П. Орлов, С.Д. Мирзаметов [и др.] //Вестник Российской военно-медицинской академии. – 2020. – №. 1. – С. 70-75.
42. Особенности TLIF/PLIF при аномалиях нервных корешков поясничного отдела позвоночника. Обзор литературы и собственный опыт / И.В. Басанкин, А.А. Гюльзатян, К. К. Тахмазян [и др.] //Нейрохирургия. – 2021. – Т. 23. – №. 3. – С. 75-84.
43. Оценка нового способа заднего спондилодеза при лечении пациентов с посттравматическими кифотическими деформациями грудного и поясничного отделов позвоночника / Д.А. Пташников, Ш.Ш. Магомедов, С.П. Роминский [и др.] //Хирургия позвоночника. – 2021. – Т. 18. – №. 3. – С. 30-35.
44. Павлова, С.В. Факторы риска клинически значимой дестабилизации транспедикулярного инструментария у пациентов с дегенеративным стенозом позвоночного канала на уровне поясничного отдела позвоночника / С.В. Павлова //Volgamedscience. – 2019. – С. 113-114.
45. Пан Чж. Моделирование пространственной ориентации компонентов при ревизионном эндопротезировании коленного сустава: диссертация специальность 3.1.8.: диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Пан Чженной; Первый Московский Государственный Университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет). - Москва 2022. – 109 с.

46. Перкутанные методики стабилизации позвоночника у пациентов пожилого и старческого возраста при сочетанных повреждениях / Л.Ю. Слияков, А.В. Черняев, М.М. Липина [и др.] //Политравма. – 2018. – №. 4. – С. 31-36.
47. 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 [и др.] //Хирургия позвоночника. – 2022. – Т. 19. – №. 3. – С. 57-65.
48. Подготовка нейрохирурга в России: современные проблемы и пути их преодоления / А.В. Яриков, О.И. Игнатьева, О.А. Перльмуттер [и др.] //Здравоохранение Югры: опыт и инновации. – 2022. – №. 4 (33). – С. 53-66.
49. Позвоночно-тазовая фиксация: показания, анатомо-биомеханические аспекты и историческое развитие методов / М.С. Ветрилэ, А.А. Кулешов, Н.А. Аганесов [и др.] //Хирургия позвоночника. – 2021. – Т. 18. – №. 3. – С. 100-110.
50. Посттравматическая нестабильность позвоночника и методы ее хирургической коррекции / А.К. Дулаев, В.П. Орлов, Н.М. Ястребков [и др.] // Вопросы нейрохирургии. – 1999. –№. 2. – С. 14-16.
51. Применение систем межкостистой динамической стабилизации у пациентов со стенозом поясничного отдела позвоночника на фоне снижения костной плотности / Т.С. Алдатов, В.Ю. Черebilло, В.Ю. Драгун [и др.] //Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2021. – №. 2. – С. 115-120.
52. Пункционные хирургические технологии в лечении фасет-синдрома при спондилоартрозах в поясничном отделе (обзор литературы) / В.Э. Потапов, З.В. Кошкарева, А.П. Животенко [и др.] //Acta Biomedica Scientifica. – 2020. – Т. 5. – №. 2. – С. 36-42.
53. Радиочастотная невротомиа при лечении дисфункции крестцово-подвздошного сочленения у больных, ранее перенесших транспедикулярный поясничный и пояснично-крестцовый спондилодез / К.А. Белозерских, Г.Ю.

- Евзиков, О.Е. Егоров [и др.] //Российский журнал боли. – 2020. – Т. 18. – №. 1. – С. 15-21.
54. Результаты поясничного межтелового спондилодеза у пациентов пожилого возраста с поясничным спинальным стенозом, ассоциированным с синдромом конского хвоста / А.А. Калинин, Д.В. Хозеев, В.Ю. Голобородько [и др.] //Инновационная медицина Кубани. – 2022. – №. 4. – С. 15-23.
55. Результаты применения методики рgr-терапии для лечения изолированного поясничного фасет-синдрома у профессиональных атлетов, занимающихся спортивными играми / В.А. Бывальцев, А.А. Калинин, А.К. Оконешникова [и др.] //Человек. Спорт. Медицина.– 2022. – №. 1-22. – С. 169-178.
56. Результаты ревизионных операций при дегенеративно-дистрофических заболеваниях пояснично-крестцового отдела позвоночника / М.Дж. Абакиров, Р.М. Нурмухаметов, С.Т. Мамырбаев [и др.] // Политравма.- 2020.- №. 1.- С. 31-40.
57. Результаты хирургического лечения пациентов с многоуровневыми дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника при использовании методик минимально инвазивного и открытого трансфораминального межтелового спондилодеза / В.А. Бывальцев, А.А. Калинин, В.В. Шепелев [и др.] //Современные проблемы науки и образования. – 2019. – №. 4. – С. 46-46.
58. Ригидная транспедикулярная фиксация в лечении пациентов с дегенеративным поясничным стенозом / А.А. Гринь, А.С. Никитин, А.А. Каландари [и др.] //Вопросы нейрохирургии им. НН Бурденко. – 2020. – Т. 84. – №. 5. – С. 41-49.
59. Роль инфекционно-воспалительного фактора в дегенерации межпозвонковых дисков / О.Г. Прудникова, З.С. Науменко, Н.С. Мигалкин [и др.] //Хирургия позвоночника. – 2018. – Т. 15. – №. 1. – С. 91-100.

60. Роль инфекционных возбудителей в этиопатогенезе дегенеративных заболеваний межпозвонковых дисков / М.М. Алексанян, А.Г. Аганесов, Э.Л. Погосян [и др.] // Хирургия позвоночника. – 2020. – Т. 17. – №. 2. – С. 23-30.
61. Роль малоинвазивных хирургических технологий в лечении дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника / П.А. Сусленков, Р.Р. Сидорович, А.В. Щемелев [и др.] // Неврология и нейрохирургия. Восточная Европа. – 2021. – Т. 11. – №. 1. – С. 82-94.
62. Саковец, Т.Г. Особенности терапии при боли в спине у больных с фасеточным синдромом / Т.Г. Саковец, Г.Р. Хузина, Е.Н. Барышева // Вестник современной клинической медицины. – 2021. – Т. 14. – №. 5. – С. 74-80.
63. Селиверстов, Ю.А. Правильно ли используются некоторые эпонимы в неврологии? / Ю.А. Селиверстов, Ю.А. Шпилюкова, С.Н. Иллариошкин // Российский неврологический журнал. – 2020. – Т. 25. – №. 3. – С. 45-50.
64. Современные малоинвазивные технологии в хирургии позвоночника / А.Г. Аганесов, М.М. Алексанян, С.А. Макаров [и др.] // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. – 2021. – №. 6-2. – С. 65-72.
65. Современные принципы лечения рецидивов грыж межпозвонкового диска поясничного отдела позвоночника (обзор) / В.А. Чехонацкий, О.Н. Древаль, А.В. Кузнецов [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2020. – Т. 16. – №. 3. – С. 769-772.
66. Спондилоартроз (спондилоостеоартрит) как причина боли в спине: возможности терапии / Н.А. Шостак, Н.Г. Правдюк, А.В. Новикова [и др.] // Opinion Leader. – 2019. – №. 3. – С. 40-44.
67. Спондилоартроз: патогенез, клиника, диагностика и лечение (обзор литературы и собственный опыт) / А.В. Яриков, А.А. Денисов, О.А. Перльмуттер [и др.] // Клиническая практика. – 2019. – Т. 10. – №. 4. – С. 61-73.
68. Способ определения оптимального метода хирургического вмешательства у пациентов с посттравматической кифотической деформацией грудопоясничного отдела позвоночника в позднем периоде позвоночной

- травмы / Д.А. Пташников, Ш.Ш. Магомедов, С.П. Роминский [и др.] //Bulletin of Experimental & Clinical Surgery. – 2022. – Т. 15. – №. 3.
69. Сравнительный анализ одноуровневого переднего и заднего спондилодеза при дегенеративных заболеваниях пояснично-крестцового отдела позвоночника / Ш.Х. Гизатуллин, Д.И. Жуков, В.Ю. Курносенко [и др.] //Медицинский вестник ГВКГ им. НН Бурденко. – 2021. – №. 2. – С. 46-53.
70. Стабилизирующие операции на позвоночнике. Избранные аспекты : Учебное пособие для ординаторов / Л. Ю. Слияков, А. В. Гаркави, А. В. Черняев [и др.]. – Москва : Издательство "Медицинское информационное агентство", 2018. – 112 с. – ISBN 978-5-9986-0347-1. – EDN FBGQXE.
71. Стрельникова, А.В. Стабилометрический тренинг в комплексной реабилитации пациентов с дорсопатиями поясничного отдела позвоночника после декомпрессивно-стабилизирующих операций: специальность 14.03.11: диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Стрельникова Анастасия Викторовна; ФГБОУ ВО «Сибирский Государственный Медицинский Университет». - Томск 2020. – 126 с.
72. Тактика хирургического лечения дегенеративно-дистрофических заболеваний пояснично-крестцового отдела позвоночника у лиц пожилого и старческого возраста / Г.М. Кавалерский, А.Д. Ченский, С.К. Макиров [и др.] // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.- 2009.- № 2.- С. 40-47
73. Усиков, В.Д. Педикулокорпоральный и другие способы остеосинтеза при лечении грудных и поясничных повреждений позвоночника и спинного мозга / В.Д. Усиков, Н.В. Корнилов, В.И. Карпцов // Гений ортопедии. 1996. № 2–3. С. 115.
74. Хализева, М. Лазеры в науке, технике, медицине / М. Хализева //Наука в России. – 2011. – №. 3. – С. 39-47.
75. Цивьян, Я.Л. Хирургия позвоночника / Я.Л. Цивьян. – 2-е издание, исправленное и дополненное. – Новосибирск : Издательство Новосибирского Университета, 1993. – 364 с. – EDN UKFIUB.

76. Чаклин, В.Д. Эволюция идей в хирургии и ортопедии позвоночника / В.Д. Чаклин // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1971. – №. 3. – С. 48-54.
77. Черепанов, В.Г. Синдром структурно-функциональной триады при дегенеративно-дистрофических заболеваниях поясничного отдела позвоночника: диссертация специальность 14.01.15: диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук / Черепанов Вадим Геннадьевич; Первый Московский Государственный Университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет). - Москва 2019. – 312 с.
78. Чоршанбиев, И. Тактика лечения пациентов с грыжами дисков поясничного отдела позвоночника / И. Чоршанбиев, А.Т. Джурабекова, К.В. Шмырина // Проблемы и достижения современной науки. – 2018. – Т. 1. – №. 1. – С. 16-19.
79. Экспериментально-анатомическое исследование функциональной транспедикулярной стабилизации позвоночника / С.К. Левченко, О.Н. Древаль, А.А. Ильин [и др.] // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. - 2011. – №. 1. – С. 20-26.
80. Юмашев, Г.С. Остеохондрозы позвоночника / Г.С. Юмашев, М.Е. Фурман - Изд. 2 изд. - М.: Медицина, 1984. - 384 с.
81. A new device for internal fixation of thoracolumbar and lumbar spine fractures: the 'fixateur interne' / W. Dick, P. Kluger, F. Magerl [et al.] // Spinal Cord. – 1985. – Т. 23. – №. 4. – С. 225-232.
82. A Proposed Personalized Spine Care Protocol (SpineScreen) to Treat Visualized Pain Generators: An Illustrative Study Comparing Clinical Outcomes and Postoperative Reoperations between Targeted Endoscopic Lumbar Decompression Surgery, Minimally Invasive TLIF and Open Laminectomy / K.U. Lewandrowski, I. Abraham, J.F. Ramírez León [et al.] // Journal of Personalized Medicine. – 2022. – Т. 12. – №. 7. – С. 1065.
83. A prospective randomized controlled study comparing transforaminal lumbar interbody fusion techniques for degenerative spondylolisthesis: unilateral pedicle

- screw and 1 cage versus bilateral pedicle screws and 2 cages / Y. Aoki, M. Yamagata, Y. Ikeda [et al.] //Journal of Neurosurgery: Spine. – 2012. – T. 17. – №. 2. – C. 153-159.
84. A prospective, cohort study comparing translaminar screw fixation with transforaminal lumbar interbody fusion and pedicle screw fixation for fusion of the degenerative lumbar spine / D. Grob, V. Bartanusz, D. Jeszenszky [et al.] //The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume. – 2009. – T. 91. – №. 10. – C. 1347-1353.
85. Adding posterior lumbar interbody fusion to pedicle screw fixation and posterolateral fusion after decompression in spondylytic spondylolisthesis / S.I.I. Suk, C.K. Lee, W.J. Kim [et al.] //Spine. – 1997. – T. 22. – №. 2. – C. 210-219.
86. Analysing gait patterns in degenerative lumbar spine diseases: a literature review / P. Natarajan, R.D. Fonseka, S. Kim [et al.] //Journal of Spine Surgery. – 2022. – T. 8. – №. 1. – C. 139.
87. Arnold, D.M. The Wiltse system of internal fixation for the lumbar spine / D.M. Arnold, L.L. Wiltse //Spine Philadelphia Hanley And Belfus. – 1993. – T. 6. – C. 55-55.
88. Bagby, G. Arthrodesis by the distraction-compression method using a stainless steel implant / G. Bagby //Orthopedics. – 1988. – T. 11. – №. 6. – C. 931-934.
89. Bagby, G. The Bagby and Kuslich (BAK) method of lumbar interbody fusion / G. Bagby //Spine. – 1999. – T. 24. – №. 17. – C. 1857.
90. Bilateral versus unilateral instrumentation in spinal surgery: systematic review and trial sequential analysis of prospective studies / K. Phan, V. Leung, D.B. Scherman [et al.] //Journal of Clinical Neuroscience. – 2016. – T. 30. – C. 15-23.
91. Biomechanical analysis of a novel posterior construct in a transforaminal lumbar interbody fusion model an in vitro study / A. Sethi, A.M. Muzumdar, A. Ingalhalikar [et al.] //The Spine Journal. – 2011. – T. 11. – №. 9. – C. 863-869.
92. Biomechanical analysis of cortical versus pedicle screw fixation stability in TLIF, PLIF, and XLIF applications / E.K. Nomoto, G.R. Fogel, A. Rasouli [et al.] //Global Spine Journal. – 2019. – T. 9. – №. 2. – C. 162-168.

93. Biomechanical analysis of unilateral fixation with interbody cages / H.H. Chen, H.H. Cheung, W.K. Wang [et al.]//Spine. – 2005. – T. 30. – №. 4. – C. E92-E96.
94. Biomechanical comparison of lateral interbody fusion with and without fixation / C.F. Du, M.S. Sun, X.Y. Cai [et al.] //2019 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA). – IEEE, 2019. – C. 377-381.
95. Biomechanical comparison of unilateral and bilateral pedicle screws fixation for transforaminal lumbar interbody fusion after decompressive surgery-a finite element analysis / S.H. Chen, S.C. Lin, W.C. Tsai [et al.] //BMC musculoskeletal disorders. – 2012. – T. 13. – №. 1. – C. 1-9.
96. Biomechanical Comparison of Unilateral and Bilateral Pedicle Screw Fixation after Multilevel Lumbar Lateral Interbody Fusion / J.M. Mok, C. Forsthoefel, R.L. Diaz [et al.] //Global Spine Journal. – 2022. – C. 21925682221149392.
97. Biomechanical evaluation of lumbar spinal stability after graded facetectomies / K. Abumi, M.M. Panjabi, K.M. Kramer [et al.] //Spine. – 1990. – T. 15. – №. 11. – C. 1142-1147.
98. Biomechanical implications of unilateral facetectomy, unilateral facetectomy plus partial contralateral facetectomy, and complete bilateral facetectomy in minimally invasive transforaminal interbody fusion / L.A. Snyder, J.N. Lehrman, R.K. Menon [et al.] //Journal of Neurosurgery: Spine. – 2019. – T. 31. – №. 3. – C. 447-452.
99. Biomechanical stability before and after graft fusion with unilateral and bilateral pedicle screw fixation: finite element study / J. Li, W. Wang, R. Zuo [et al.] //World Neurosurgery. – 2019. – T. 123. – C. e228-e234.
100. Biomechanics of lateral plate and pedicle screw constructs in lumbar spines instrumented at two levels with laterally placed interbody cages / A.N. Nayak, S. Gutierrez, J.B. Billys [et al.] //The Spine Journal. – 2013. – T. 13. – №. 10. – C. 1331-1338.
101. Biomechanics of unilateral compared with bilateral lumbar pedicle screw fixation for stabilization of unilateral vertebral disease / K. Yücesoy, K.Z. Yüksel, S. Baek [et al.] //Journal of Neurosurgery: Spine. – 2008. – T. 8. – №. 1. – C. 44-51.

102. Bolger, C. Evaluation of an increased strut porosity silicate-substituted calcium phosphate, SiCaP EP, as a synthetic bone graft substitute in spinal fusion surgery: a prospective, open-label study / C. Bolger, D. Jones, S. Czop //European Spine Journal. – 2019. – Т. 28. – №. 7. – С. 1733-1742.
103. Boucher, H.H. A method of spinal fusion / H.H. Boucher //The Journal of bone and joint surgery. British volume. – 1959. – Т. 41. – №. 2. – С. 248-259.
104. Breasted, J.H. The Edwin Smith Surgical Papyrus: published in facsimile and hieroglyphic transliteration with translation and commentary in two volumes. / J.H. Breasted – изд. 2. – Chicago: The University of Chicago Press, 1930. – 46 с.
105. Briggs, H. Chip fusion of the low back following exploration of the spinal canal / H. Briggs, P.R. Milligan //JBJS. – 1944. – Т. 26. – №. 1. – С. 125-130.
106. Bucy, P.C. Chondroma of intervertebral disk / P.C. Bucy //Journal of the American Medical Association. – 1930. – Т. 94. – №. 20. – С. 1552-1554.
107. Butts, M.K. Biomechanical analysis of a new method for spinal interbody fixation / M.K. Butts, S. Kuslich, J.E. Bechold //1987 Symposium, American Society of Mechanical Engineers, "Advances in Bioengineering", Boston, MA (Dec. 13-18, 1987). – 1987.
108. Cervical vertebral interbody fusion in the horse: a comparative study of bovine xenografts and autografts supported by stainless steel baskets / R.M. DeBowes, B.D. Grant, G.W. Bagby [et al.] //American journal of veterinary research. – 1984. – Т. 45. – №. 1. – С. 191-199.
109. Choy, D.S.J. Percutaneous laser nucleolysis of lumbar disc / D.S.J. Choy //N. Engl. J. Med. – 1987. – Т. 317. – С. 771-772.
110. Clinical and radiographic analysis of unilateral versus bilateral instrumented one-level lateral lumbar interbody fusion / M. Fukushima, Y. Oshima, Y. Yuzawa [et al.] // Scientific reports. - 2020. - №10. - С. 3105.
111. Clinical and radiological outcomes of unilateral versus bilateral instrumentation in two-level degenerative lumbar diseases / G. Gu, H. Zhang, G. Fan [et al.] //European Spine Journal. – 2015. – Т. 24. – №. 8. – С. 1640-1648.

112. Clinical outcomes, complications and fusion rates in endoscopic assisted intraforaminal lumbar interbody fusion (iLIF) versus minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (MI-TLIF): systematic review and meta-analysis / J.M. Sousa, H. Ribeiro, J.L. Silva [et al.] //Scientific reports. – 2022. – T. 12. – №. 1. – C. 1-16.
113. Clinical study on unilateral pedicle screw fixation and interbody fusion for the treatment of lumbar degenerative diseases under Quadrant system / B. Lin, Q.Y. Lin, M.C. He [et al.] //Zhongguo gu Shang= China Journal of Orthopaedics and Traumatology. – 2012. – T. 25. – №. 6. – C. 468-473.
114. Cloward, R.B. The treatment of ruptured lumbar intervertebral discs by vertebral body fusion: I. Indications, operative technique, after care / R.B. Cloward //Journal of neurosurgery. – 1953. – T. 10. – №. 2. – C. 154-168.
115. Comparative study of unilateral and bilateral pedicle screw fixation in posterior lumbar interbody fusion / Y. Xie, H. Ma, H. Li [et al.] //Orthopedics. – 2012. – T. 35. – №. 10. – C. e1517-e1523.
116. Comparing stand-alone oblique lumbar interbody fusion with posterior lumbar interbody fusion for revision of rostral adjacent segment disease: a STROBE-compliant study / G. Zhu, Y. Hao, L. Yu [et al.] //Medicine. – 2018. – T. 97. – №. 40.
117. Comparison between posterior and transforaminal approaches for lumbar interbody fusion / J.S. Park, Y.B. Kim, H.J. Hong [et al.] //Journal of Korean neurosurgical society. – 2005. – T. 37. – №. 5. – C. 340-344.
118. Comparison of clinical and radiological results of posterolateral fusion, posterior lumbar interbody fusion and transforaminal lumbar interbody fusion techniques in the treatment of degenerative lumbar spine / Z. Audat, O. Moutasem, K. Yousef [et al.] //Singapore medical journal. – 2012. – T. 53. – №. 3. – C. 183-187.
119. Comparison of lumbar interbody fusion performed with unilateral or bilateral pedicle screw / L. Mao, G.D. Chen, X.M. Xu [et al.] //Orthopedics. – 2013. – T. 36. – №. 4. – C. e489-e493.

120. Comparison of percutaneous intradiscal ozone injection with laser disc decompression in discogenic low back pain / P. Rahimzadeh, F. Imani, M. Ghahremani [et al.] //Journal of pain research. – 2018. – T. 11. – C. 1405.
121. Comparison of PLIF and TLIF in the Treatment of LDH Complicated with Spinal Stenosis / X. Fang, M. Zhang, L. Wang [et al.] //Journal of Healthcare Engineering. – 2022. – T. 2022.
122. Comparison of posterior and transforaminal approaches to lumbar interbody fusion / S.C. Humphreys, S.D. Hodges, A.G. Patwardhan [et al.] //Spine. – 2001. – T. 26. – №. 5. – C. 567-571.
123. Comparison of the early results of transforaminal lumbar interbody fusion and posterior lumbar interbody fusion in symptomatic lumbar instability / P.N. Sakeb, K. Ahsan //Indian journal of orthopaedics. – 2013. – T. 47. – №. 3. – C. 255-263.
124. Coventry, M.B. Symposium: Low Back And Sciatic Pain: Introduction To Symposium, Including Anatomy, Physiology, And Epidemiology / M.B. Coventry //Jbjs. – 1968. – T. 50. – №. 1. – C. 167-169.
125. Davis, H. Increasing rates of cervical and lumbar spine surgery in the United States, 1979-1990 / H. Davis //Spine. – 1994. – T. 19. – №. 10. – C. 1117-23
126. Degenerative Spine Disorders and Multiple Sclerosis / K. McGrath, J. Lee, M. Steinmetz [et al.] //Neurologic Clinics. – 2022. – T. 40. – №. 2. – C. 249-259.
127. Does robot-assisted navigation influence pedicle screw selection and accuracy in minimally invasive spine surgery? / K.A. Shafi, Y.A. Pompeu, A.S. Vaishnav [et al.] //Neurosurgical Focus. – 2022. – T. 52. – №. 1. – C. E4.
128. Double-sided vertebral body tethering of double adolescent idiopathic scoliosis curves: radiographic outcomes of the first 13 patients with 2 years of follow-up / T. Pehlivanoglu, I. Oltulu, Y. Erdag [et al.] //European Spine Journal. – 2021. – T. 30. – C. 1896-1904.
129. Duncan, J.W. An analysis of fusion cage migration in unilateral and bilateral fixation with transforaminal lumbar interbody fusion / J.W. Duncan, R.A. Bailey //European Spine Journal. – 2013. – T. 22. – №. 2. – C. 439-445.

130. Effectiveness of dynamic fixation Coflex treatment for degenerative lumbar spinal stenosis / J.X. Zhang, X.W. Jing, P. Cui [et al.] // *Experimental and Therapeutic Medicine*. – 2018. – T. 15. – №. 1. – C. 667-672.
131. Effects of lumbar fusion surgery with ISOBAR devices versus posterior lumbar interbody fusion surgery on pain and disability in patients with lumbar degenerative diseases: a meta-analysis / S.F. Su, M.S. Wu, W.T. Yeh [et al.] // *Journal of Investigative Surgery*. – 2018. – T. 33. – №. 1. – C. 79-93.
132. Effects of rigidity of an internal fixation device. A comprehensive biomechanical investigation / V.K. Goel, T.H. Lim, J. Gwon [et al.] // *Spine*. – 1991. – T. 16. – №. 3 Suppl. – C. S155-61.
133. Effects of unilateral and bilateral pedicle screw fixation on symptoms and quality of life of patients with lumbar degenerative diseases / H. Li, Z. Wang, J. Zhao [et al.] // *American Journal of Translational Research*. – 2021. – T. 13. – №. 5. – C. 5216.
134. Enzyme dissolution of the nucleus pulposus / L. Smith, P.J. Garvin, R.M. Gesler [et al.] // *Nature*. – 1963. – T. 198. – №. 4887. – C. 1311-1312.
135. Facet sagittal orientation: possible role in the pathology of degenerative lumbar spinal stenosis / X. Liu, X. Zhao, Y. Long [et al.] // *Spine*. – 2018. – T. 43. – №. 14. – C. 955-958.
136. Fan, W. The role of posterior screw fixation in single-level transforaminal lumbar interbody fusion during whole body vibration: A finite element study / W. Fan, L.X. Guo // *World Neurosurgery*. – 2018. – T. 114. – C. e1086-e1093.
137. Farfan, H.F. Effects of torsion on the intervertebral joints / H.F. Farfan // *Canadian journal of surgery. Journal canadien de chirurgie*. – 1969. – T. 12. – №. 3. – C. 336-341.
138. Feng, S. Clinical effects of oblique lateral interbody fusion by conventional open versus percutaneous robot-assisted minimally invasive pedicle screw placement in elderly patients / S. Feng, W. Tian, Y. Wei // *Orthopaedic Surgery*. – 2020. – T. 12. – №. 1. – C. 86-93.

139. Ferguson, S.J. Biomechanics of the aging spine / S.J. Ferguson, T. Steffen //The aging spine. – 2005. – C. 15-21.
140. Financial impact and causes of chronic musculoskeletal disease cases in Malaysia based on Social Security Organization of Malaysia claims record / N.Z. Abidin, J.M. Rohani, A.N. Nordin [et al.] //Int J Eng Technol. – 2018. – T. 7. – C. 23-7.
141. Freeman, B.J. Posterior lumbar interbody fusion combined with instrumented postero-lateral fusion: 5-year results in 60 patients / B.J. Freeman, P. Licina, S.H. Mehdiian //European Spine Journal. – 2000. – T. 9. – №. 1. – C. 42-46.
142. Global low back pain prevalence and years lived with disability from 1990 to 2017: estimates from the Global Burden of Disease Study 2017 / A. Wu, L. March, X. Zheng [et al.] //Annals of translational medicine. – 2020. – T. 8. – №. 6.
143. Grading system for migrated lumbar disc herniation on sagittal magnetic resonance imaging: an agreement study / Y. Ahn, T.S. Jeong, T. Lim [et al.] //Neuroradiology. – 2018. – T. 60. – C. 101-107.
144. Harms, J. One-stager procedure in operative treatment of spondylolistheses: dorsal traction-reposition and anterior fusion (author's transl) / J. Harms, H.A. Rolinger //Zeitschrift fur Orthopadie und ihre Grenzgebiete. – 1982. – T. 120. – №. 3. – C. 343-347.
145. Hennemann, S. Degenerative lumbar spinal stenosis / S. Hennemann, M.R. Abreu //Revista Brasileira de Ortopedia. – 2021. – T. 56. – C. 9-17.
146. Herrmann, H.D. Transarticular (transpedicular) metal plate fixation for stabilization of the lumbar and thoracic spine / H.D. Herrmann //Acta Neurochirurgica. – 1979. – T. 48. – №. 1. – C. 101-110.
147. Hijikata, S. Percutaneous Nucleotomy: A New Concept Technique and 12 Years' Experience / S. Hijikata //Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007). – 1989. – T. 238. – C. 9-23.
148. Hildebrand, R. Zum Bilde des Menschen in der Anatomie der Renaissance: Andreae Vesalii De humani corporis fabrica libri septem, Basel 1543 / R. Hildebrand

//Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger. – 1996. – T. 178. – №. 4. – C. 375-384.

149. Hirsch, C. The anatomical basis for low back pain: studies on the presence of sensory nerve endings in ligamentous, capsular and intervertebral disc structures in the human lumbar spine / C. Hirsch, B.E. Ingelmark, M. Miller //Acta orthopaedica scandinavica. – 1963. – T. 33. – №. 1-4. – C. 1-17.

150. History and Evolution of the Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion / M.C. Prabhu, K.C. Jacob, M.R. Patel [et al.] //Neurospine. – 2022. – T. 19. – №. 3. – C. 479-491.

151. Holly, L.T. Three-dimensional fluoroscopy-guided percutaneous thoracolumbar pedicle screw placement / L.T. Holly, K.T. Foley //Journal of Neurosurgery: Spine. – 2003. – T. 99. – №. 3. – C. 324-329.

152. Hutter, C.G. Spinal stenosis and posterior lumbar interbody fusion / C.G. Hutter //Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007). – 1985. – T. 193. – C. 103-114.

153. Intervertebral disc degeneration: biomaterials and tissue engineering strategies toward precision medicine / I.L. Mohd Isa, S.A. Mokhtar, S.A. Abbah [et al.] //Advanced healthcare materials. – 2022. – T. 11. – №. 13. – C. 2102530.

154. Is unilateral pedicle screw fixation as effective as bilateral pedicle screw fixation in transforaminal lumbar interbody fusion: a meta-analysis of randomized controlled trials / L. Xu, X. Lin, C. Wu [et al.] //European Spine Journal. – 2023. – C. 1-12.

155. Is unilateral pedicle screw fixation superior than bilateral pedicle screw fixation for lumbar degenerative diseases: a meta-analysis / P. Lu, T. Pan, T. Dai [et al.] //Journal of Orthopaedic Surgery and Research. – 2018. – T. 13. – №. 1. – C. 1-13.

156. Jaslow, I.A. Intercorporal bone graft in spinal fusion after disc removal / I.A. Jaslow //Surg Gynecol Obstet. – 1946. – T. 82. – C. 215-218.

157. Kambin, P. Percutaneous Lateral Discectomy of the Lumbar Spine A Preliminary Report / P. Kambin, H. Gellman //Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007). – 1983. – T. 174. – C. 127-132.
158. Kim, H.S. Lumbar degenerative disease part 1: anatomy and pathophysiology of intervertebral discogenic pain and radiofrequency ablation of basivertebral and sinuvertebral nerve treatment for chronic discogenic back pain: a prospective case series and review of literature / H.S. Kim, P.H. Wu, I.T. Jang //International journal of molecular sciences. – 2020. – T. 21. – №. 4. – C. 1483.
159. Kim, Y.H. Lumbar Interbody Fusion and Osteobiologics for Lumbar Fusion / Y.H. Kim, K.Y. Ha, Y.S. Kim [et al.] //Asian Spine Journal. – 2022. – T. 16. – №. 6. – C. 1022-1033.
160. King, D. Internal fixation for lumbosacral fusion / D. King //JBJS. – 1948. – T. 30. – №. 3. – C. 560-578.
161. Kluger, P. Spondylolisthesis and pseudospondylolisthesis. Treatment by segmental reposition and interbody fusion with fixateur interne / P. Kluger, F. Weidt, W. Puhl //Der Orthopade. – 1997. – T. 26. – №. 9. – C. 790-795.
162. Lane, W.A. Case of spondylolisthesis associated with progressive paraplegia; laminectomy / W.A. Lane //The Lancet. – 1893. – T. 141. – №. 3635. – C. 991-992.
163. Lasers in spine surgery / K. Radcliff, A.R. Vaccaro, A. Hilibrand [et al.] //JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. – 2019. – T. 27. – №. 17. – C. 621-632.
164. Less invasive posterior fixation method following transforaminal lumbar interbody fusion: a biomechanical analysis / A.V. Slucky, D.S. Brodke, K.N. Bachus [et al.] //The Spine Journal. – 2006. – T. 6. – №. 1. – C. 78-85.
165. Liebler, W.A. Percutaneous laser disc decompression: Clinical experience with the Nd: Yag and KTP lasers / W.A. Liebler //Spine Philadelphia Hanley and Belfus-. – 1993. – T. 7. – C. 55-55.
166. Love, J.G. Protruded intervertebral disc (fibrocartilage). / J.G. Love // Proceedings of the Royal Society of Medicine. - 1939. – T. 32. – №. 12. – C. 1697-1721.

167. Low back pain should be considered a health and research priority in Brazil: Lost productivity and healthcare costs between 2012 to 2016 / R.L. Carregaro, C.R. Tottoli, D.D.S. Rodrigues [et al.] //PLoS One. – 2020. – T. 15. – №. 4. – C. e0230902.
168. Lumbar interbody fusion: techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF/ATP, LLIF and ALIF / R.J. Mobbs, K. Phan, G. Malham [et al.] //Journal of spine surgery. – 2015. – T. 1. – №. 1. – C. 2.
169. Lumbar spine surgery across 15 years: trends, complications and reoperations in a longitudinal observational study from Norway / M. Grotle, M.C. Småstuen, O. Fjeld [et al.] //BMJ open. – 2019. – T. 9. – №. 8. – C. e028743.
170. Macnab, I.A.N. Negative disc exploration: an analysis of the causes of nerve-root involvement in sixty-eight patients / I.A.N. Macnab //JBJS. – 1971. – T. 53. – №. 5. – C. 891-903.
171. Mann, S.J. Lumbar facet arthropathy / S.J. Mann, O. Viswanath, P. Singh //StatPearls. Treasure Island, FL: StatPearls Publishing. – 2021.
172. Menon, V. Drug Eluting Ceramics in the Field of Spinal Infections / V. Menon //Tuberculosis of the Spine. – Springer, Singapore, 2022. – C. 281-290.
173. Middleton, G.S. Injury of the spinal cord due to rupture of an intervertebral disc during muscular effort / G.S. Middleton, J.H. Teacher //Glasgow Medical Journal. – 1911. – T. 76. – №. 1. – C. 1.
174. Minimally invasive spine surgery decreases postoperative pain and inflammation for patients with lumbar spinal stenosis / H. Peng, G. Tang, X. Zhuang [et al.] //Experimental and Therapeutic Medicine. – 2019. – T. 18. – №. 4. – C. 3032-3036.
175. Minimally invasive unilateral pedicle screw fixation and lumbar interbody fusion for the treatment of lumbar degenerative disease B. Lin, Y. Xu, Y. He [et al.] //Orthopedics. – 2013. – T. 36. – №. 8. – C. e1071-e1076.
176. Minimally invasive versus open fusion for Grade I degenerative lumbar spondylolisthesis: analysis of the Quality Outcomes Database / P.V. Mummaneni,

E.F. Bisson, P. Kerezoudis [et al.] //Neurosurgical focus. – 2017. – T. 43. – №. 2. – C. E11.

177. Mixer, W. Rupture of the intervertebral discs with compression of the spinal cord / W. Mixer, J. Barr //The New England Journal of Medicine. – 1934. – T. 211. – C. 210-215.

178. More than 10-year follow-up after laminoplasty and pedicle screw fixation for cervical myelopathy associated with athetoid cerebral palsy / S. Demura, S. Kato, K. Shinmura [et al.] //Spine. – 2020. – T. 45. – №. 11. – C. 727-734.

179. Murray, C.J.L. The global burden of disease study at 30 years / C.J.L. Murray //Nature medicine. – 2022. – T. 28. – №. 10. – C. 2019-2026.

180. Muthu, S. How Safe Is Unilateral Pedicle Screw Fixation in Lumbar Fusion Surgery for Management of 2-Level Lumbar Degenerative Disorders Compared with Bilateral Pedicle Screw Fixation? Meta-analysis of Randomized Controlled Trials / S. Muthu, G. Chellamuthu //World Neurosurgery. – 2020. – T. 140. – C. 357-368.

181. Nachemson, A. Some mechanical properties of the lumbar intervertebral disc / A. Nachemson //Bull Hosp Jt Dis. – 1962. – T. 23. – C. 130-132.

182. National adverse event profile after lumbar spine surgery for lumbar degenerative disorders and comparison of complication rates between hospitals: a CSORN registry study / O.G.S. Ayling, R. Charest-Morin, M.E. Eagles [et al.] //Journal of Neurosurgery: Spine. – 2021. – T. 35. – №. 6. – C. 698-703.

183. Naylor, A. The biophysical and biochemical aspects of intervertebral disc herniation and degeneration: arris and gale lecture delivered at the royal college of surgeons of England on 30th January 1962 / A. Naylor //Annals of the Royal College of Surgeons of England. – 1962. – T. 31. – №. 2. – C. 91.

184. Nelson, A.M. Interventional approaches to low back pain / A.M. Nelson, G. Nagpal //Clinical spine surgery. – 2018. – T. 31. – №. 5. – C. 188-196.

185. New instrument for percutaneous posterolateral lumbar foraminoplasty: case series of 134 with instrument design, surgical technique and outcomes / Z. Li, S. Hou, W. Shang [et al.] //International journal of clinical and experimental medicine. – 2015. – T. 8. – №. 9. – C. 14672.

186. Ohnmeiss, D.D. Laser disc decompression: the importance of proper patient selection / D.D. Ohnmeiss, R.D. Guyer, S.H. Hochschuler // *Spine*. – 1994. – T. 19. – №. 18. – C. 2054-2058.
187. Onyia, C. Impact of comorbidities on outcome following revision of recurrent single-level lumbar disc prolapse between revision microdiscectomy and posterior lumbar interbody fusion: a single-institutional analysis / C. Onyia, S. Menon // *Asian Journal of Neurosurgery*. – 2019. – T. 14. – №. 02. – C. 392-398.
188. Outcome following unilateral versus bilateral instrumentation in patients undergoing minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: a single-center randomized prospective study / N.S. Dahdaleh, A.T. Nixon, C.D. Lawton [et al.] // *Neurosurgical Focus*. – 2013. – T. 35. – №. 2. – C. E13.
189. Over 20 years of declining Medicare reimbursement for spine surgeons: a temporal and geographic analysis from 2000 to 2021 / J.M. Haglin, M.A. Zabat, K.R. Richter [et al.] // *Journal of Neurosurgery: Spine*. – 2022. – T. 1. – №. aop. – C. 1-8.
190. Park, Y. Comparison of one-level posterior lumbar interbody fusion performed with a minimally invasive approach or a traditional open approach / Y. Park, J.W. Ha // *Spine*. – 2007. – T. 32. – №. 5. – C. 537-543.
191. Patel, N. Percutaneous lumbar laser discectomy: literature review and a retrospective analysis of 65 cases / N. Patel, V. Singh // *Photomedicine and Laser Surgery*. – 2018. – T. 36. – №. 10. – C. 518-521.
192. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for recurrent disc herniation: surgical technique, outcome, and prognostic factors of 43 consecutive cases / Y. Ahn, S.H. Lee, W.M. Park [et al.] // *Spine*. – 2004. – T. 29. – №. 16. – C. E326-E332.
193. Percutaneous lumbar discectomy using a new aspiration probe / G. Onik, C.A. Helms, L. Ginsburg [et al.] // *AJNR: American Journal of Neuroradiology*. – 1985. – T. 6. – №. 2. – C. 290.
194. Percutaneous thoraco-lumbar-sacral pedicle screw placement accuracy results from a multi-center, prospective clinical study using a skin marker-based optical navigation system / S. Pietro, A. Chatterjea, J. Inge [et al.] // *European Spine Journal*. – 2022. – T. 31. – №. 11. – C. 3098-3108.

195. Portal, A. Cours d'Anatomie Mediacleou Elements del'Anatomie del'Homme / A. Portal. - 1 изд. - Paris: Baudoin, 1803. - 299 с.
196. Posterior interbody fusion using a diagonal cage with unilateral transpedicular screw fixation for lumbar stenosis / J. Zhao, F. Zhang, X. Chen [et al.] //Journal of Clinical Neuroscience. – 2011. – Т. 18. – №. 3. – С. 324-328.
197. Posterior Lumbar Interbody Fusion: With and Without Pedicle Screw Fixation / S. Nakai, H. Yoshizawa, K. Kenmotsu [et al.] //Lumbar Fusion and Stabilization. – Springer, Tokyo, 1993. – С. 188-196.
198. Posterolateral percutaneous endoscopic lumbar foraminotomy for L5—S1 foraminal or lateral exit zone stenosis / Y. Ahn, S.H. Lee, W.H. Park [et al.] //Journal of Neurosurgery: Spine. – 2003. – Т. 99. – №. 3. – С. 320-323.
199. Predictors of pain recurrence after lumbar facet joint injections / W.K. Campos, M.N. Linhares, J. Sarda [et al.] //Frontiers in neuroscience. – 2019. – Т. 13. – С. 958.
200. Prevalence of lumbar facet arthrosis and its relationship to age, sex, and race: an anatomic study of cadaveric specimens / J.D. Eubanks, M.J. Lee, E. Cassinelli [et al.] //Spine. – 2007. – Т. 32. – №. 19. – С. 2058-2062.
201. Quigley, M.R. Laser discectomy: a review / M.R. Quigley, J.C. Maroon //Spine. – 1994. – Т. 19. – №. 1. – С. 53-56.
202. Rao, P.J. The “TFP” fusion technique for posterior 360 lumbar fusion: a combination of open decompression, transforaminal lumbar interbody fusion, and facet fusion with percutaneous pedicle screw fixation / P.J. Rao, R.J. Mobbs //Orthopaedic Surgery. – 2014. – Т. 6. – №. 1. – С. 54-59.
203. Recent Advances in Polyaryletherketones and Their In Vitro Evaluation for Hard Tissue Applications / B.C. Cheng, A.K. Yu, I.R. Swink [et al.] //Handbook of Spine Technology. – 2021. – С. 423-437.
204. Roy-Camille, R. Internal fixation of the lumbar spine with pedicle screw plating / R. Roy-Camille, G. Saillant, C. Mazel //Clinical Orthopaedics and Related Research. – 1986. – Т. 203. – С. 7-17.

205. Savitz, M.H. Percutaneous lumbar discectomy with a working endoscope and laser assistance / M.H. Savitz, H. Doughty, P. Burns //Neurosurgical Focus. – 1998. – T. 4. – №. 2. – C. E11.
206. Schöller, K. Navigation bei lumbalen Eingriffen: Wann ist sie sinnvoll? / K. Schöller, F. Jablawi //Der Orthopäde. – 2019. – T. 48. – №. 1. – C. 59-68.
207. Short-Term Comparison Between Unilateral Versus Bilateral Percutaneous Pedicle Screw Fixation in Short-Level Lateral Lumbar Interbody Fusion—A Prospective Randomized Study / A. Hiyama, H. Katoh, D. Sakai [et al.] //Global Spine Journal. – 2022. – C. 21925682221146500.
208. Simmons, J.W. Posterior lumbar interbody fusion with posterior elements as chip grafts / J.W. Simmons //Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007). – 1985. – T. 193. – C. 85-89.
209. Subsequent vertebral fractures following spinal fusion surgery for degenerative lumbar disease: a mean ten-year follow-up / T. Toyone, T. Ozawa, K. Kamikawa [et al.] //Spine. – 2010. – T. 35. – №. 21. – C. 1915-1918.
210. Surgical and Non-Surgical Treatment for 3-Part and 4-Part Fractures of the Proximal Humerus: A Systematic Review of Overlapping Meta-Analyses / B. Fu, H.L. Jia, D.S. Zhou [et al.] //Orthopaedic surgery. – 2019. – T. 11. – №. 3. – C. 356-365.
211. Sussman, B.J. Intervertebral discolysis with collagenase / B.J. Sussman //Journal of the National Medical Association. – 1968. – T. 60. – №. 3. – C. 184.
212. Teplick, J.G. Lumbar spine CT and MRI /J.G. Teplick – изд. 1. – Philadelphia: Lippincott, 1994. – 544 с.
213. Tew, J.M. The History of Lasers in Neurosurgery / J.M. Tew, W.D. Tobler //Lasers in Neurosurgery. –1988.– №. 1. – C. 3-7.
214. The Asfora Bullet Cage System Shows Comparable Fusion Rate Success Versus Control Cage in Posterior Lumbar Interbody Fusion in a Randomized Clinical Trial / J.P. Morgan, A.L. Miller, P.A. Thompson [et al.] //South Dakota Medicine. – 2016. – T. 69. – №. 4.

215. The CT assessment of uncovertebral joints degeneration in a healthy population / T. Huang, J. Qin, W. Zhong [et al.] //European Journal of Medical Research. – 2021. – T. 26. – №. 1. – C. 1-6.
216. The Start Back stratified care model for nonspecific low back pain: a model-based evaluation of long-term cost-effectiveness / J.A. Hall, S. Jowett, M. Lewis [et al.] //Pain. – 2021. – T. 162. – №. 3. – C. 702-710.
217. The system and procedures of percutaneous intradiscal laser nucleotomy / T. Yonezawa, T. Onomura, R. Kosaka [et al.] //Spine. – 1990. – T. 15. – №. 11. – C. 1175-1185.
218. The tribology of cartilage: Mechanisms, experimental techniques, and relevance to translational tissue engineering / J.M. Link, E.Y. Salinas, J.C. Hu, K.A. Athanasiou //Clinical Biomechanics. – 2020. – T. 79. – C. 104880.
219. The Wiltse pedicle screw fixation system: early clinical results / A. Horowitch, R.D. Peek, J.C. Thomas [et al.] //Spine. – 1989. – T. 14. – №. 4. – C. 461-467.
220. Transforaminal lumbar interbody fusion for lumbar degenerative disease: patient selection and perspectives / B.Y. Uçar, Ç. Özcan, Ö. Polat [et al.] //Orthopedic Research and Reviews. – 2019. – T. 11. – C. 183.
221. Transpedicular fixation of the lumbar and lumbosacral spine with screws. Application of the Diapason system / M. Yanase, T. Sakou, E. Taketomi [et al.] //Spinal Cord. – 1995. – T. 33. – №. 4. – C. 216-218.
222. Treatment preferences for chronic low back pain: Views of veterans and their providers / I. Belitskaya-Levy, J.D. Clark, M.C. Shih [et al.] //Journal of Pain Research. – 2021. – C. 161-171.
223. 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 //Neurosurgical focus. – 2006. – T. 20. – №. 3. – C. 1-5.
224. Unilateral biportal endoscopic extreme transforaminal lumbar interbody fusion with large cage combined with endoscopic unilateral pedicle screw fixation for

- lumbar degenerative diseases: a technical note and preliminary effects / D. Tian, J. Liu, B. Zhu [et al.] //Acta Neurochirurgica. – 2023. – T. 165. – №. 1. – C. 117-123.
225. Unilateral pedicle screw fixation of lumbar spine: A safe internal fixation method / S. Yang, H. Xia, M. Cong [et al.] //Heliyon. – 2022. – T. 8. – №. 11. – C. e11621.
226. Unilateral pedicle screw fixation through a tubular retractor via the Wiltse approach compared with conventional bilateral pedicle screw fixation for single-segment degenerative lumbar instability: a prospective randomized study / J. Dong, L. Rong, F. Feng [et al.] //Journal of Neurosurgery: Spine. – 2014. – T. 20. – №. 1. – C. 53-59.
227. Unilateral Posterior Fixation, Bone Grafting and Fusion in Treatment of Lumbar Spinal Degenerative Disc Disease / A.A.N. Tamer, H.A. Mohamed, A. Morrah [et al.] //The Medical Journal of Cairo University. – 2022. – T. 90. – №. 9. – C. 1551-1559.
228. Unilateral versus bilateral instrumentation in spinal surgery: a systematic review / R.W. Molinari, A. Saleh, R. Molinari Jr [et al.] //Global spine journal. – 2015. – T. 5. – №. 3. – C. 185-194.
229. Unilateral versus bilateral pedicle screw fixation in lumbar spinal fusion / K.S. Suk, H.M. Lee, N.H. Kim [et al.] //Spine. – 2000. – T. 25. – №. 14. – C. 1843-1847.
230. Unilateral versus bilateral pedicle screw fixation in transforaminal lumbar interbody fusion / F. Liu, Z. Feng, X. Zhou [et al.] //Clinical spine surgery. – 2017. – T. 30. – №. 6. – C. E776-E783.
231. Unilateral versus bilateral pedicle screw fixation with transforaminal lumbar interbody fusion for treatment of lumbar foraminal stenosis / X. Cheng, K. Zhang, X. Sun [et al.] //The Spine Journal. – 2022. – T. 22. – №. 10. – C. 1687-1693.
232. Unilateral versus bilateral pedicle screw instrumentation for single-level minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion / X. Shen, H. Zhang, X. Gu [et al.] //Journal of clinical neuroscience. – 2014. – T. 21. – №. 9. – C. 1612-1616.
233. Uvaraj, N.R. Simple Versatile Technique to Retrieve Polyaxial Tulip-head Spinal Pedicle Screws Following Failed Pedicle Screw Removal: A Technical Note

With Analysis of Efficacy and Outcomes / N.R. Uvaraj, A.A Bosco //Techniques in Orthopaedics. – 2022. – T. 37. – №. 3. – C. 171-174.

234. Van Akkerveeken, P.F. Experimentally Induced Hypermobility in the Lumbar Spine A Pathologic and Radiologic Study of the Posterior Ligament and Annulus Fibrosus / P.F. Van Akkerveeken, J.P. O'Brien, W.M. Park //Spine. – 1979. – T. 4. – №. 3. – C. 236-241.

235. Verbiest, H. Results of surgical treatment of idiopathic developmental stenosis of the lumbar vertebral canal. A review of twenty-seven years' experience / H. Verbiest //The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume. – 1977. – T. 59. – №. 2. – C. 181-188.

236. Verbiest, H. Stenosis of the lumbar vertebral canal and sciatica / H. Verbiest //Neurosurgical Review. – 1980. – T. 3. – №. 1. – C. 75-89.

237. Verbiest, H.A Radicular syndrome from developmental narrowing of the lumbar vertebral canal / H.A Verbiest //The Journal of bone and joint surgery. British volume. – 1954. – T. 36. – №. 2. – C. 230-237.

238. Verma, R. Interbody fusions in the lumbar spine: a review / R. Verma, S. Virk, S. Qureshi//HSS Journal. – 2020. – T. 16. – №. 2. – C. 162-167.

239. Which posterior instrumentation is better for two-level anterior lumbar interbody fusion: translaminar facet screw or pedicle screw? / Y. Hou, Y. Shen, Z. Liu [et al.] //Archives of orthopaedic and trauma surgery. – 2013. – T. 133. – №. 1. – C. 37-42.

240. Which specific modes of exercise training are most effective for treating low back pain? Network meta-analysis / P.J. Owen, C.T. Miller, N.L. Mundell [et al.]// British journal of sports medicine. – 2020. № 21. - C. 1279-1287.

241. Wilson, D.H. Microsurgical lumbar discectomy: preliminary report of 83 consecutive cases / D.H. Wilson, J. Kenning //Neurosurgery. – 1979. – T. 4. – №. 2. – C. 137-140.

242. Wiltberger, B.R. Intervertebral body fusion by the use of posterior bone dowel / B.R. Wiltberger //Clinical Orthopaedics and Related Research. – 1964. – T. 35. – C. 69-79.

243. Winter, G. Lasers in surgery / G. Winter //The Bulletin of the Royal College of Surgeons of England. – 2017. – T. 99. – №. 5. – C. 166-169.
244. Xin, Z. Unilateral versus bilateral pedicle screw fixation in short-segment lumbar spinal fusion: a meta-analysis of randomised controlled trials / Z. Xin, W. Li //International orthopaedics. – 2016. – T. 40. – №. 2. – C. 355-364.
245. Xue, H. Comparison of unilateral versus bilateral instrumented transforaminal lumbar interbody fusion in degenerative lumbar diseases / H. Xue, Y. Tu, M Cai. //The Spine Journal. – 2012. – T. 12. – №. 3. – C. 209-215.
246. Yeung, A.T. Consideration for the use of the KTP laser for disc decompression and ablation / A.T. Yeung //Spine Philadelphia Hanley and Belfus-. – 1993. – T. 7. – C. 67-67.
247. Zhang, Y.B. Treatment of early-onset scoliosis: techniques, indications, and complications / Y.B. Zhang, J.G. Zhang //Chinese medical journal. – 2020. – T. 133. – №. 03. – C. 351-357.

Приложение А.

Опросник Oswestry Disability Index

Опросник Oswestry Disability Index (ODI)

Опросник Oswestry Disability Index (ODI) разработан в 1980 г. Jeremy C.T. Fairbank в период работы в Agnes Hunt Orthopaedic Hospital в городе Освестри, Великобритания.

Применяется при хронических и рецидивирующих болях в спине. Он заполняется пациентом и дает возможность в баллах оценить влияние боли на самообслуживание, сон, общественную жизнь, ходьбу, передвижение в пространстве, способность поднимать тяжести, длительно стоять и сидеть.

Опросник Освестри содержит 10 разделов, где описываются жалобы и нарушения в различных сферах жизнедеятельности пациента. Каждый из разделов имеет по 6 вариантов описания возможного состояния пациента. Каждый вариант оценивается определенным количеством баллов, начиная с первого – 0 баллов и заканчивая шестым – 5 баллов.

Пациент должен отметить в каждом разделе утверждение, наиболее близко соответствующее его состоянию. Если пациент ответил на вопросы всех разделов, то максимальная сумма баллов составляет 50. Если пациент не дал ответа на вопросы каких-то разделов, то максимальный показатель соответственно снижается. После заполнения пациентом опросника все баллы суммируются и делятся на максимально возможный показатель.

В случае, когда заполнены все 10 разделов, индекс Освестри высчитывается так:

$$16 \text{ (сумма набранных баллов)} / 50 \text{ (максимально возможное количество баллов)} \times 100 = 32.$$

Если один из разделов не заполнен или не поддается оценке, то индекс высчитывается так, например:

$$16 \text{ (сумма набранных баллов)} / 45 \text{ (максимально возможно количество баллов)} \times 100 = 35,5.$$

Интерпретация результатов проводится 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.

При оценке минимальная клиническая значимость различий для ODI – 6 баллов

чувствительность ODI = 91 % [95 % ДИ = 82 % – 99 %], специфичность = 83 % [95 % ДИ = 67 % – 98 %]

РАЗДЕЛ 1 – интенсивность боли		Баллы
1	В данный момент у меня нет боли	
2	В данный момент боль очень слабая	
3	В данный момент боль умеренная	
4	В данный момент боль весьма сильная	
5	В данный момент боль очень сильная	
6	В данный момент боль настолько сильная, что даже трудно себе представить	
РАЗДЕЛ 2 – самообслуживание (например, умывание и одевание)		Баллы
1	Я могу нормально о себе заботиться и это не вызывает особой боли	
2	Я могу нормально о себе заботиться, но это весьма болезненно	
3	Чтобы заботиться о себе, я вынужден из-за боли быть медленным и осторожным	
4	Чтобы заботиться о себе, я вынужден обратиться за некоторой посторонней помощью, хотя большую часть действий могу выполнить самостоятельно	
5	Чтобы заботиться о себе, я вынужден обращаться за посторонней помощью при выполнении большей части действий	
6	Я не могу одеться, с трудом умываюсь и остаюсь в постели	
РАЗДЕЛ 3 – способность поднимать предметы		Баллы
1	Я могу поднимать тяжёлые предметы без особой боли	
2	Я могу поднимать тяжёлый предметы, но это вызовет усиление боли	
3	Боль не даёт мне поднимать тяжёлые предметы с пола, но я могу с ними обращаться, если они удобно расположены (например, на столе)	
4	Боль не даёт мне поднимать тяжёлые предметы, но я могу обращаться с легкими или средними предметами, если они удобно расположены (например, на столе)	
5	Я могу поднимать только очень легкие предметы	
6	Я вообще не могу поднимать или носить что-либо	
РАЗДЕЛ 4 – ходьба		Баллы
1	Боль не мешает мне ходить на любые расстояния	
2	Боль не позволяет мне пройти более 1 километра	
3	Боль не позволяет мне пройти более 500 метров	
4	Боль не позволяет мне пройти более 100 метров	
5	Я могу ходить только при помощи трости или костылей	
6	Я большую часть времени нахожусь в постели и вынужден ползком добираться до туалета	
РАЗДЕЛ 5 – положение сидя		Баллы
1	Я могу сидеть на любом стуле столько, сколько захочу	
2	Я могу сидеть столько, сколько захочу, только на моем любимом стуле	
3	Боль не позволяет мне сидеть более одного часа	
4	Боль не позволяет мне сидеть более получаса	
5	Боль не позволяет мне сидеть более, чем 10 минут	
6	Боль совсем лишает меня возможности сидеть	
РАЗДЕЛ 6 – положение стоя		Баллы
1	Я могу стоять столько, сколько захочу, без особой боли	
2	Я могу стоять столько, сколько захочу, но при этом боль усиливается	
3	Боль не позволяет мне стоять более 1 часа	
4	Боль не позволяет мне стоять более получаса	
5	Боль не позволяет мне стоять более 10 минут	
6	Боль совсем лишает меня возможности стоять	
РАЗДЕЛ 7 – сон		Баллы
1	Мой сон никогда не прерывается из-за боли	
2	Мой сон редко прерывается из-за боли	
3	Из-за боли я сплю менее 6 часов	
4	Из-за боли я сплю менее 4 часов	
5	Из-за боли я сплю менее 2 часов	
6	Боль совсем лишает меня возможности спать	
РАЗДЕЛ 8 – сексуальная жизнь (если возможна)		Баллы
1	Моя сексуальная жизнь нормальна и не вызывает особой боли	
2	Моя сексуальная жизнь нормальна, но немного усиливает боль	
3	Моя сексуальная жизнь почти нормальна, но значительно усиливает боль	
4	Моя сексуальная жизнь существенно ограничена из-за боли	
5	У меня почти нет сексуальной жизни из-за боли	
6	Боль полностью лишает меня сексуальных отношений	
РАЗДЕЛ 9 – досуг		Баллы
1	Я могу нормально проводить досуг и не испытываю при этом особой боли	
2	Я могу нормально проводить досуг, но испытываю усиление боли	
3	Боль не оказывает значительного влияния на мой досуг, за исключением интересов, требующих наибольшей активности, таких как спорт, танцы и т.д.	
4	Боль ограничивает мой досуг, а я часто не выхожу из дома	
5	Боль ограничивает мой досуг пределами моего дома	
6	Боль полностью лишает меня досуга	
РАЗДЕЛ 9 – поездки		Баллы
1	Я могу ездить куда угодно без боли	
2	Я могу ездить куда угодно, но это вызовет усиление боли	
3	Несмотря на сильную боль, я выдерживаю поездки в пределах 2 часов	
4	Боль сокращает мои поездки менее чем до 1 часа	
5	Боль сокращает самые необходимые поездки до 30 минут	
6	Боль совсем не даёт мне совершать поездки, я могу отправиться только за медицинской помощью	
Итого:		