

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

На правах рукописи

БАЙКОВ

ЕВГЕНИЙ СЕРГЕЕВИЧ

**Совершенствование оказания специализированной хирургической
помощи пациентам с дегенеративно-дистрофическими поражениями
пояснично-крестцового отдела позвоночника.**

3.1.8 – травматология и ортопедия

3.1.10 – нейрохирургия

Диссертация

на соискание ученой степени

доктора медицинских наук

Научный консультант:

доктор медицинских наук

А.В. Крутько

Москва – 2024

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	6
АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ	6
<i>Цель исследования.</i>	9
<i>Задачи исследования.</i>	9
<i>Научная новизна исследования.</i>	10
<i>Практическая значимость исследования.</i>	11
<i>Положения, выносимые на защиту.</i>	11
<i>Соответствие диссертации паспортам научных специальностей</i>	12
<i>Апробация результатов исследования</i>	13
<i>Внедрение результатов исследования</i>	14
<i>Публикации</i>	15
<i>Объем и структура диссертации</i>	15
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ДИАГНОСТИКИ, КЛАССИФИЦИРОВАНИЯ, ТАКТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ, ПЕРВИЧНОГО И РЕВИЗИОННОГО ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ДЕГЕНЕРАТИВНО-ДИСТРОФИЧЕСКИМИ ПОРАЖЕНИЯМИ ПОЗВОНОЧНИКА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).	16
1.1 ГРЫЖИ ПОЯСНИЧНЫХ МЕЖПОЗВОНКОВЫХ ДИСКОВ	16
1.1.1 <i>Эпидемиологическое значение и социально-экономическая роль грыж поясничных межпозвонковых дисков.</i>	16
1.1.2 <i>Современные хирургические методы и их результаты при лечении пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков.</i>	18
1.1.3 <i>Факторы и способы профилактики рецидива грыж поясничных межпозвонковых дисков.</i>	20
1.2 ДЕГЕНЕРАТИВНЫЙ СТЕНОЗ ПОЗВОНОЧНОГО КАНАЛА И ДЕГЕНЕРАТИВНЫЙ СПОНДИЛОЛИСТЕЗ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА	26
1.2.1 <i>Социально-экономическая значимость дегенеративного стеноза и дегенеративного спондилолистеза.</i>	26
1.2.2 <i>Классификационные системы дегенеративного стеноза позвоночного канала и спондилолистеза.</i>	27
1.2.3 <i>Современная хирургическая тактика и анализ ее результатов при лечении пациентов со стенозом позвоночного канала в сочетании и без дегенеративного спондилолистеза</i>	39
1.3 СЕГМЕНТАРНАЯ НЕСТАБИЛЬНОСТЬ	43
1.3.1 <i>Нерешенные вопросы определения и диагностики сегментарной нестабильности при дегенеративно-дистрофических поражениях поясничного отдела позвоночника</i>	43
1.3.2 <i>Роль сегментарной нестабильности в принятии тактических решений и ее влияние на результаты хирургического лечения пациентов с дегенеративно-дистрофическими поражениями позвоночника</i>	48
1.4 ДЕГЕНЕРАТИВНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ПОЗВОНОЧНИКА ВЗРОСЛЫХ	52
1.4.1 <i>Определение, современные классификационные системы.</i>	53

1.4.2 Сагиттальный баланс: оценочные категории и клиническая значимость у взрослых пациентов с деформациями позвоночника	55
1.4.3 Хирургические возможности и тактика при лечении пациентов с дегенеративными деформациями позвоночника	61
1.4.4 Механические осложнения и факторы риска их развития при хирургическом лечении взрослых пациентов с дегенеративными деформациями позвоночника	68
1.5 Повторные хирургические вмешательства при дегенеративных поражениях позвоночника	73
1.5.1 Распространенность и социально-экономические аспекты ревизионных хирургических вмешательств на позвоночнике у пациентов с дегенеративно-дистрофическими поражениями	73
1.5.2 Современные подходы к оказанию хирургической помощи пациентам после предшествующих декомпрессивных, декомпрессивно-стабилизирующих и корригирующих вмешательств	76
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ КЛИНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ	85
2.1 МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ	85
2.2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	86
2.2.1 Клинико-неврологические методы	86
2.2.2 Методы лучевой диагностики	87
2.3 ХАРАКТЕРИСТИКА ВИДОВ ОПЕРАТИВНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ	94
2.4 ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ	99
2.5 СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ	100
ГЛАВА 3. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ПОДХОДА К ОКАЗАНИЮ ХИРУРГИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ ПАЦИЕНТАМ С ГРЫЖАМИ ПОЯСНИЧНЫХ МЕЖПОЗВОНКОВЫХ ДИСКОВ, ОСНОВАННОГО НА ПРЕДОПЕРАЦИОННЫХ РАДИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕДИКТОРАХ ИХ РЕЦИДИВА.	102
3.1 ДООПЕРАЦИОННАЯ КЛИНИКО-РАДИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕТРОСПЕКТИВНОЙ ГРУППЫ ПАЦИЕНТОВ С ГРЫЖАМИ ПОЯСНИЧНЫХ МЕЖПОЗВОНКОВЫХ ДИСКОВ	103
3.2 МНОГОФАКТОРНАЯ МОДЕЛЬ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ РЕГРЕССИИ ПРОГНОЗА РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ РЕЦИДИВА ГРЫЖ ПОЯСНИЧНЫХ МЕЖПОЗВОНКОВЫХ ДИСКОВ И АЛГОРИТМ ПРИНЯТИЯ ХИРУРГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРЕДИКТОРОВ ИХ РЕЦИДИВА ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ПОДХОДА К ВЫБОРУ ОБЪЕМА ОПЕРАТИВНОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА.....	112
3.3 Клинико-радиологическая характеристика и исходы хирургического вмешательства проспективной группы пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков, тактика лечения которых основывалась на предложенном алгоритме.	119
3.4 Сравнительный анализ риска реопераций у пациентов ретро- и проспективной когорт методом PROPENSITY SCORE MATCHING.	125
ГЛАВА 4. ОПТИМИЗАЦИЯ ХИРУРГИЧЕСКОЙ ТАКТИКИ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ГРЫЖАМИ ПОЯСНИЧНЫХ МЕЖПОЗВОНКОВЫХ ДИСКОВ ПУТЕМ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АЛГОРИТМА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПОСОБА ПРОФИЛАКТИКИ РЕЦИДИВА ПОЯСНИЧНЫХ МЕЖПОЗВОНКОВЫХ ГРЫЖ.....	133
4.1 Клинико-неврологическая характеристика и анализ дооперационных радиологических данных пациентов, которым проводилась микродискэктомия с пластикой дефекта фиброзного кольца.	135

4.2 ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С МИКРОДИСКЭКТОМИЕЙ, ДОПОЛНЕННОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ ЗАКРЫТИЯ ДЕФЕКТА ФИБРОЗНОГО КОЛЬЦА.....	138
4.3 ФАКТОРЫ И ПРЕДИКТОРЫ ЛУЧШИХ И ХУДШИХ КЛИНИЧЕСКИХ ИСХОДОВ МИКРОДИСКЭКТОМИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ЗАКРЫТИЯ ДЕФЕКТА ФИБРОЗНОГО КОЛЬЦА	144
4.4 ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ МИКРОДИСКЭКТОМИИ С ПЛАСТИКОЙ ДЕФЕКТА ФИБРОЗНОГО КОЛЬЦА У ПАЦИЕНТОВ, ИМЕЮЩИХ РИСК РЕЦИДИВА ПОЯСНИЧНЫХ МЕЖПОЗВОНКОВЫХ ГРЫЖ БОЛЕЕ 50% СОГЛАСНО МНОГОФАКТОРНОЙ МОДЕЛИ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ РЕГРЕССИИ ПРОГНОЗА.....	150
4.5 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МИКРОДИСКЭКТОМИИ С И БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЗАКРЫТИЯ ДЕФЕКТА ФИБРОЗНОГО КОЛЬЦА МЕТОДОМ PROPENSITY SCORE MATCHING	155
4.6 АЛГОРИТМ ПРИНЯТИЯ ТАКТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ГРЫЖАМИ ПОЯСНИЧНЫХ МЕЖПОЗВОНКОВЫХ ДИСКОВ, ОСНОВАННЫЙ НА МОДЕЛИ ПРОГНОЗА РИСКА РЕОПЕРАЦИИ И СПОСОБЕ ПРОФИЛАКТИКИ РЕЦИДИВА МЕЖПОЗВОНКОВЫХ ГРЫЖ.	160
ГЛАВА 5. ОРИГИНАЛЬНАЯ РАБОЧАЯ ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕГЕНЕРАТИВНО-ДИСТРОФИЧЕСКИХ ПОРАЖЕНИЙ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА.....	165
5.1 СОЗДАНИЕ РАБОЧЕЙ КЛАССИФИКАЦИИ ДЕГЕНЕРАТИВНО-ДИСТРОФИЧЕСКИХ ПОРАЖЕНИЙ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА, ВКЛЮЧАЮЩЕЙ ПЕРСОНИФИЦИРОВАННУЮ ОЦЕНКУ ПАРАМЕТРОВ САГИТТАЛЬНОГО БАЛАНСА И УЧЕТ ПРЕВАЛИРУЮЩЕГО КЛИНИЧЕСКОГО СИНДРОМА.	165
5.2 ОЦЕНКА МЕЖЭКСПЕРТНОЙ НАДЕЖНОСТИ ОРИГИНАЛЬНОЙ РАБОЧЕЙ КЛАССИФИКАЦИИ ДЕГЕНЕРАТИВНО-ДИСТРОФИЧЕСКИХ ПОРАЖЕНИЙ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА	173
ГЛАВА 6. ОЦЕНКА КЛИНИКО-РАДИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРИГИНАЛЬНОЙ РАБОЧЕЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С МОНОСЕГМЕНТАРНЫМ ДЕГЕНЕРАТИВНЫМ СПОНДИЛОЛИСТЕЗОМ.....	182
6.1 КЛИНИКО-РАДИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДООПЕРАЦИОННЫХ ДАННЫХ ПАЦИЕНТОВ, ОПЕРИРОВАННЫХ СОГЛАСНО ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКОМУ АЛГОРИТМУ GILLE	185
6.2 АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ, ОПЕРИРОВАННЫХ СОГЛАСНО ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКОМУ АЛГОРИТМУ GILLE	189
6.3 КЛИНИКО-РАДИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДООПЕРАЦИОННЫХ ДАННЫХ ПАЦИЕНТОВ, ОПЕРИРОВАННЫХ СОГЛАСНО ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКИМ ПОДХОДАМ ОРИГИНАЛЬНОЙ РАБОЧЕЙ КЛАССИФИКАЦИИ	202
6.4 АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ, ОПЕРИРОВАННЫХ СОГЛАСНО ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКИМ ПОДХОДАМ ОРИГИНАЛЬНОЙ РАБОЧЕЙ КЛАССИФИКАЦИИ	207
6.5 СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С МОНОСЕГМЕНТАРНЫМ ДЕГЕНЕРАТИВНЫМ СПОНДИЛОЛИСТЕЗОМ НА ПОЯСНИЧНОМ ОТДЕЛЕ ПОЗВОНОЧНИКА, КЛАССИФИЦИРОВАННЫХ СОГЛАСНО ОРИГИНАЛЬНОЙ РАБОЧЕЙ СИСТЕМЕ И СИСТЕМЕ GILLE	220
ГЛАВА 7. ОЦЕНКА КЛИНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРИГИНАЛЬНОЙ РАБОЧЕЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ СО СТЕНОЗОМ ПОЗВОНОЧНОГО КАНАЛА, СЕГМЕНТАРНОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТЬЮ И ДЕФОРМАЦИЯМИ ДЕГЕНЕРАТИВНОГО ГЕНЕЗА.	230

7.1 Анализ дооперационных клинических и радиологических данных пациентов с дегенеративно-дистрофическими поражениями позвоночника, при хирургическом лечении которых использовалась оригинальная рабочая классификация.	233
7.2 Анализ результатов хирургического лечения пациентов при использовании оригинальной рабочей классификации.	240
7.3 Хирургическая тактика и анализ ее результатов при лечении пациентов с III и IV типами биомеханических нарушений согласно разработанной лечебно-диагностической классификации.	251
7.3.1 Анализ результатов хирургических вмешательств с применением комбинации хирургических технологий.	251
7.3.2 Одно- и многомоментные подходы при хирургических вмешательствах у пациентов с нарушением сагиттального баланса дегенеративной этиологии.	256
7.4 Анализ результатов тактических хирургических подходов, включенных в оригинальную рабочую классификацию, при лечении пациентов с сагиттальным дисбалансом после предшествующих оперативных вмешательств с использованием металлофиксации.	266
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	275
ВЫВОДЫ	291
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	294
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	296
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	298
ПРИЛОЖЕНИЯ	342
Приложение 1. Индекс ограничения жизнедеятельности из-за боли в спине Oswestry Disability Index (ODI)	342
Приложение 2. VAS (Visual Analog Scale) - визуальная аналоговая шкала боли	344
Приложение 3. Классификация деформаций позвоночника Schwab-SRS	345
Приложение 4. Расчет Global Alignment and Proportion (GAP)	345
Приложение 5. Классификация стадий дегенерации межпозвонкового диска по Pfirrmann	346
Приложение 6. Классификация изменений замыкательных пластинок и красного костного мозга по Modic	347
Приложение 7. Стадии дегенерации суставного хряща и субхондрального склероза дугоотростчатых суставов по Grogan	347
Приложение 8. Классификация дегенеративного стеноза позвоночного канала по Shizas et al.	348
Приложение 9. Классификация вертебротомий по Schwab F. Et al.	348
Приложение 10. Классификация межтелового блока по Tan	349
Приложение 11. Шкала оценки степени хирургической инвазивности по Mirza S.K.	349
Приложение 12. Классификация интраоперационных осложнений R. M. Satava.	350
Приложение 14. MCID для ODI при разных вертебральных патологиях	351

Введение

Актуальность исследования

Дегенеративная патология поясничного отдела позвоночника относится к числу наиболее сложных и противоречивых проблем современной вертебродологии. Роль дегенеративно-дистрофических поражений поясничного отдела позвоночника в развитии вертебрального синдрома весьма существенна и является значимой проблемой системы [64]. Ежегодно регистрируется рост числа пациентов с болевыми синдромами из-за патологии поясничного отдела позвоночника дегенеративного генеза, что отражается в увеличении расходов на медицинское обслуживание и лечение [76, 215, 109, 196, 90]. Если рассматривать глобально, то боль в нижней части спины занимает первое место как причина временной, так и стойкой утраты нетрудоспособности, а ее распространенность составляет 9,4% среди всего населения мира, при этом экономический эффект почти равен затратам на лечение всех видов рака, что делает вертебродологию одной самых «дорогих» медицинских специальностей [131, 181].

В связи с постепенным увеличением продолжительности жизни и обоснованным на этом фоне желанием пожилых пациентов как можно дольше сохранять физическую и социальную активность, распространенность хирургических методов лечения значимо выросла в последнее время [15, 28, 235]. Показано, что хирургическое лечение пациентов со всеми видами дегенеративно-дистрофических поражений поясничного отдела позвоночника (межпозвонковые грыжи, дегенеративный стеноз позвоночного канала, сегментарная нестабильность и различного рода дегенеративные деформации) позволяет значимо улучшить качество жизни пациентов любой возрастной категории в сравнении с консервативным лечением [85, 201, 202, 203]. Благодаря прогрессивным технологиями в области визуализации, навигации, а также появлению усовершенствованных и вновь разработанных хирургических

методов повысилась возможность эффективно оказывать вертебрологическую хирургическую помощь [18, 2, 173]. Однако, несмотря на это, результаты не могут в полной мере удовлетворять требованиям как хирургов, так и пациентов.

Широкое применение открытых и минимально инвазивных декомпрессивных и декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств без учета индивидуальных рисков развития неврологических и ортопедических последствий привело к значительному росту неудовлетворительных исходов и частоте повторных операций у пациентов с дегенеративно-дистрофическими поражениями поясничного отдела позвоночника [28, 214]. Несмотря на изученность хирургических тактик и методов при грыжах поясничных межпозвонковых дисков – кумулятивный риск реопераций за 10 летний период достигает более 15% [79, 133, 134]. У пациентов с дегенеративным спондилолистезом и стенозом позвоночного канала частота повторных хирургических вмешательств варьирует в пределах 22% за 8 летний период наблюдения, из которых до 54% выполняются в течение первых 2 лет [135]. А частота ревизионных вмешательств у взрослых пациентов с наиболее грубыми последствиями дегенеративно-дистрофических поражений позвоночника - с деформациями - достигает 58% [217, 211]. В настоящее время показатели успеха повторных операций сильно варьируются (от 40 до 94%) [217]. Только половина пациентов после реоперации удовлетворены ее результатами. После первого ревизионного вмешательства кумулятивный риск повторных операций достигает 25% [204].

В исследовательской среде уделяется большое внимание выявлению причин неудовлетворительных исходов хирургического лечения различных нозологических форм дегенеративно-дистрофических поражений и поиску причин их устранения [79, 133, 5]. К ним относятся дооперационные демографические, клинические, в том числе психологические, радиологические факторы, позволяющие на этапе предоперационного планирования вырабатывать хирургическую стратегию [133, 5]. Само техническое

исполнение операции, возможности достижения поставленных хирургических целей и особенности послеоперационной адаптации пациента, все является предметом изучения, направленным на создание единых подходов, позволяющих улучшить клинический исход лечения.

Определенные ожидания возлагались на внедрение минимально-инвазивных технологий, направленных на снижение степени травматизации за счет использования современного малотравматичного оборудования, разработки малоинвазивных доступов. Однако, это не позволило значительно улучшить результаты хирургического лечения. К тому же, работы с высоким уровнем доказательности указывают на то, что минимально-инвазивные технологии при лечении пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков не имеют преимуществ в отношении отдаленных клинических исходов и сопоставимы по общей частоте пери- и послеоперационных осложнений [173]. Ряд мета-анализов, посвященных сравнению спондилодеза, выполненных минимально-инвазивным и традиционным открытым способом, указывают на идентичные средне-срочные и отдаленные клинические результаты использования этих технологий [275, 176, 276].

Другой стратегией, которая достаточно интенсивно изучается и внедряется в практику, является разработка прикладных лечебно-диагностических алгоритмов, протоколов и классификаций [145, 226, 258, 121, 116]. Этому способствовало прежде всего появление современных методов диагностики, хирургических технологий, их оценка в практической сфере с научным анализом данных. Но при этом в современной медицинской литературе отсутствуют общепринятые стандарты при лечении пациентов с дегенеративно-дистрофическими поражениями позвоночника.

Многообразие классификационных систем, хирургических технологий, неполная ясность клинико-рентгенологической сопоставимости вносят значимые сложности в качественный анализ результатов лечения пациентов и разработку усовершенствованных системных подходов. Не определены четкие

рекомендации и ограничения, которые могли бы регламентировать выбор той или иной хирургической технологии. Все это диктует необходимость оптимизации именно хирургических тактик, а не технологий с целью минимизации ятрогенной агрессии при максимальном сохранении радикальности вмешательства. Несмотря на значительное количество публикаций и практических рекомендаций, многие вопросы остаются дискуссионными и требуют конкретного решения. Представленные аргументы явились основанием для определения цели и задач настоящего исследования.

Цель исследования.

Разработать, научно обосновать и внедрить в клиническую практику алгоритмы и способы хирургической профилактики рецидива вертебрального и радикулярного болевых синдромов и уменьшения частоты ревизионных вмешательств у пациентов с дегенеративно-дистрофическими поражениями пояснично-крестцового отдела позвоночника.

Задачи исследования.

1) Создать многофакторную модель прогноза риска возникновения рецидива поясничных межпозвонковых грыж, на ее основе предложить и оценить эффективность алгоритма дифференцированной тактики хирургического лечения.

2) Оценить результаты хирургического лечения пациентов методом микродискэктомии с использованием технологии закрытия дефекта фиброзного кольца, выявить предикторы лучших клинических исходов и провести сравнительный анализ с классической микродискэктомией.

3) Оптимизировать разработанный алгоритм хирургического лечения пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков путем интеграции в него возможности применения технологии закрытия дефекта фиброзного кольца у пациентов с высоким риском возникновения рецидива.

4) Создать оригинальную рабочую классификацию дегенеративно-дистрофических поражений поясничного отдела позвоночника и определить ее

внутри- и межэкспертную воспроизводимость.

5) Сравнить клиническую эффективность оригинальной рабочей классификации с возможностями классификации Gille при лечении пациентов с моноsegmentарным дегенеративным спондилолистезом.

6) Оценить возможности и клиническую эффективность оригинальной рабочей классификации при хирургическом лечении пациентов со стенозом, segmentарной нестабильностью и деформациями поясничного отдела позвоночника дегенеративного генеза.

7) Оценить клиническо-рентгенологическую эффективность хирургического лечения пациентов с сагиттальным дисбалансом после предшествующих оперативных вмешательств с металлофиксацией по поводу дегенеративных поражений поясничного отдела позвоночника при использовании оригинальной рабочей классификации.

Научная новизна исследования.

1. Создана оригинальная многофакторная модель прогноза риска возникновения рецидива поясничных межпозвонковых грыж и оценена ее эффективность.

2. Впервые выявлены предикторы лучших клинических исходов микродискэктомии с использованием технологии закрытия дефекта фиброзного кольца и определена ее эффективность у пациентов с высоким риском возникновения рецидива поясничных межпозвонковых грыж.

3. Предложен к применению оригинальный дифференцированный подход к выбору оптимального метода хирургического лечения пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков

4. Создана и валидизирована оригинальная рабочая классификация дегенеративно-дистрофических поражений поясничного отдела позвоночника, а также оценена ее клиническая эффективность.

5. Разработан способ ревизионного корригирующего спондилодеза на поясничном отделе позвоночника (патент на изобретение RU №2785750)

6. Разработан способ предоперационного определения плотности губчатой костной ткани позвонков перед проведением кругового спондилодеза при поражениях поясничного отдела позвоночника (патент на изобретение RU №2793383).

Практическая значимость исследования.

На основании разработанной многофакторной модели логистической регрессии прогноза риска возникновения рецидива поясничных межпозвонковых грыж, доказанности ее эффективности и способе профилактики рецидива поясничных межпозвонковых грыж предложен лечебно-диагностический алгоритм, позволяющий улучшить результаты хирургического лечения пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых грыж в виде уменьшения частоты рецидива грыж и реопераций за счет дифференцированного подхода к выбору оптимального метода хирургического лечения.

Разработанная оригинальная рабочая классификация позволяет определять тактику хирургического лечения пациентов с моно- и полисегментарными дегенеративно-дистрофическими поражениями поясничного отдела позвоночника за счет персонифицированной оценки параметров сагиттального баланса и синдромального подхода.

Преимущества лечебно-диагностических подходов оригинальной рабочей классификации позволяют минимизировать объем интраоперационной кровопотери, продолжительность хирургического вмешательства и послеоперационной госпитализации, интенсивность болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника и улучшить качество жизни пациентов в среднесрочном периоде наблюдения.

Положения, выносимые на защиту

1. Анализ дооперационных радиологических параметров пораженных позвоночно-двигательных сегментов и поясничного отдела позвоночника с построением многофакторной модели логистической регрессии прогноза позволяет рассчитать риск возникновения рецидива поясничных

межпозвонковых грыж и определить необходимость применения стабилизирующих.

2. При хирургическом лечении пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков, имеющих высокий риск возникновения рецидива, наиболее эффективным методом, позволяющим уменьшить количество неблагоприятных исходов, является микродискэктомии с применением технологии закрытия дефекта фиброзного кольца

3. Персонализированная оценка позвоночно-тазовых и глобальных параметров позволяет выделить 4 биомеханических типа сагиттального профиля позвоночника, что в совокупности с определением превалирующего клинического синдрома дает возможность дифференцированно подходить к выбору тактики хирургического лечения пациентов со стенозом, нестабильностью и деформациями поясничного отдела позвоночника дегенеративного генеза.

4. Гармоничное восстановление поясничного лордоза, целевые значения которого рассчитываются на основании константного параметра PI с учетом возраста пациента и типа Roussouly, является основополагающим принципом при первичных и повторных декомпрессивно-стабилизирующих корригирующих хирургических вмешательствах у пациентов с сагиттальным дисбалансом дегенеративного генеза.

Соответствие диссертации паспортам научных специальностей

Научные положения диссертационной работы соответствуют следующим пунктам паспорта научной специальности:

1. «Травматология и ортопедия» - 3.1.8:

- пункт 3. Разработка, усовершенствование и внедрение в клиническую практику методов диагностики, профилактики и диспансеризации при заболеваниях и повреждениях опорно-двигательной системы, а также их последствиях;

- пункт 4. Экспериментальная и клиническая разработка и совершенствование методов лечения заболеваний и повреждений опорно-двигательной системы, их последствий, а также предупреждение, диагностика и лечение возможных осложнений.

2. «Нейрохирургия» - 3.1.10:

- пункт 2. Разработка и усовершенствование методов диагностики, профилактики нейрохирургических заболеваний и повреждений головного и спинного мозга и периферической нервной системы, последствий и осложнений нейротравм, а также методов хирургической реабилитации, требующих хирургического вмешательства;

Апробация результатов исследования

Основные положения диссертации доложены на:

- VIII, IX, X, XI, XIV Всероссийских научно-практических конференций молодых ученых с международным участием «Цивьяновские чтения» (г. Новосибирск, 2015, 2016, 2017, 2019, 2023 г.)
- «Цивьяновские чтения», посвященная 75-летнему юбилею Новосибирского НИИТО им. Я.Л. Цивьяна (г Новосибирск, 2021)
- XI Всероссийского съезда травматологов-ортопедов
- IX, X, XI, XII съезд Российской Ассоциации хирургов-вертебрологов (RASS) (г Санкт-Петербург, 2018, г Москва, 2019, г Нижний Новгород, 2021, г Москва, 2023)
- Euro Spine 2019 (Helsinki, Finland, 2019)
- Euro Spine 2020 (virtual annual meeting, 2020)
- Евразийский ортопедический форум (EOF) (г Москва, 2021)
- Конференция «Современная нейрохирургия в Южном Федеральном округе» (г Ялта, 2021)
- VI Съезд травматологов-ортопедов Сибирского федерального округа (2022 г., г. Барнаул)

- I съезд травматологов-ортопедов Приволжского федерального округа (г Нижний Новгород, 2022)

- Третий Сибирский Нейрохирургический Конгресс (Новосибирск, 2022)

- Конференция нейрохирургов Южного федерального округа 15-16 мая, 2023, г Волгоград.

- Научно-практическая конференция с международным участием «Современная военная медицина. Актуальные вопросы и перспективы развития», 21 февраля 2023.

- the 44th SICOT Orthopaedic World Congress in Belgrade (Serbia) from 25 to 27 September 2024.

- «X съезде нейрохирургов России» 10-13 сентября 2024 года (город Нижний Новгород).

Внедрение результатов исследования

Результаты диссертационного исследования внедрены в клиническую практику нейрохирургического отделения №2 ФГБУ «Новосибирский НИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, отделения травматологии и ортопедии №3 ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России (г. Смоленск), отделения травматологии и ортопедии №4 ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России (г. Барнаул), а также в учебный процесс при подготовке медицинских специалистов по программам клинической ординатуры, аспирантуры, повышения квалификации и тематического усовершенствования в системе последипломного медицинского образования по специальностям «Травматология и ортопедия» и «Нейрохирургия» в ФГБУ «Новосибирский НИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России.

Публикации

По теме диссертационного исследования опубликовано 32 работы, из которых 20 в научных рецензируемых журналах и изданиях, рекомендованных ВАК, а также, входящих в международную реферативную базу данных и систем цитирования (Scopus, Web of Science). Получено 6 патентов на изобретение.

Объем и структура диссертации

Диссертация изложена на 351 страницах машинописного текста и состоит из введения, 7 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и списка иллюстративного материала. Список литературы представлен 291 источниками, из которых 247 в зарубежных изданиях. Полученные результаты проиллюстрированы с помощью 70 таблиц и 83 рисунков.

Глава 1. Современные аспекты диагностики, классифицирования, тактических алгоритмов принятия решений, первичного и ревизионного хирургического лечения пациентов с дегенеративно-дистрофическими поражениями позвоночника (обзор литературы).

1.1 Грыжи поясничных межпозвонковых дисков

1.1.1 Эпидемиологическое значение и социально-экономическая роль грыж поясничных межпозвонковых дисков

Роль дегенеративно-дистрофических поражений поясничного отдела позвоночника в развитии вертебрального синдрома весьма существенна и является значимой проблемой системы здравоохранения любой страны [64]. Ежегодно регистрируется рост числа пациентов с болевыми синдромами из-за патологии поясничного отдела позвоночника дегенеративного генеза, что отражается в увеличении расходов на медицинское обслуживание и лечение [76]. Если рассматривать глобально, то боль в нижней части спины занимает первое место как причина временной, так и стойкой утраты нетрудоспособности, а ее распространенность составляет 9,4% среди всего населения мира, при этом экономический эффект почти равен затратам на лечение всех видов рака [131, 181]. Таким образом, вертебрология становится одной самых «дорогих» медицинских специальностей.

Грыжи межпозвонковых дисков занимают лидирующее место среди всех нозологических форм дегенеративно-дистрофических поражений поясничного отдела позвоночника, а их клинические проявления оказывают существенную социальную и экономическую нагрузку, так как чаще выявляются у лиц трудоспособного возраста, в связи с чем имеют огромное социально-экономическое значение [22, 25, 23]. Согласно одному из самых крупных исследований направленных на изучение дегенеративно-дистрофических поражений Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT) около 30% пациентов с грыжами имеют высшее образование и чаще обращаются за социальными

выплатами по нетрудоспособности (21%) в сравнении, например с пациентами, имеющими дегенеративный стеноз (8%) или спондилолистез (7%) [94]. Продолжительность симптомов при грыжах поясничных межпозвонковых дисков в среднем длится до 6 мес, при этом только у 35% пациентов менее 3 мес., при этом интенсивность болевого синдрома и качество жизни существенно более выраженные, чем при других нозологических формах [94].

Несмотря на большой арсенал возможностей консервативного лечения пациентов, хирургическому вмешательству подвергаются до 20% пациентов [43,109]. Удаление поясничных межпозвонковых грыж является наиболее частой плановой операцией во всем мире. При этом эффективность операции достигает более 80%, что может предотвратить инвалидизацию и вернуть в более короткий срок трудоспособность [109, 97, 267].

Учитывая расширяющееся использование хирургических способов в лечении болей в спине у постоянно стареющего населения, а также ее высокую стоимость, в вертеб্রологии все более тщательно изучается предмет экономической эффективности. Имеются ряд исследований, отражающих экономическую составляющую хирургического лечения пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков [109, 90, 81]. Falavigna A et all провели оценку экономической целесообразности поясничной дискэктомии у пациентов с медикаментозной рефрактерностью на проспективно накопленных данных. Авторы отметили значимое улучшение качества жизни после хирургического вмешательства, а затрата на год жизни с поправкой на качество составили в среднем \$ 30,828 [109]. В другом мультицентровом исследовании авторы получили более значимые годовые затраты на лечение данной когорты пациентов в размере \$66,578 [109]. При этом если сравнивать стоимость хирургического лечения пациентов с поясничными межпозвонковыми грыжами с консервативным лечением, то согласно исследованию SPORT стоимость операции была ниже в долгосрочной перспективе (\$34,355 против \$69,403) [255].

1.1.2 Современные хирургические методы и их результаты при лечении пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков.

Хирургическое лечение пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков берет свое начало с первой половины 20-го столетия [33]. Первично операции характеризовались своей агрессивностью по отношению к декомпрессии и в большинстве хирурги стремились стабилизировать пораженный позвоночно-двигательный сегмент, что находит свое отражение и в настоящее время [8]. Спинальная хирургия за последние пол века достигла значительных успехов. Наряду с расширением количества техник и технологий с целом, развивалось и понимание о степени хирургической агрессии. Основными принципами которой были: уменьшение хирургической травмы и снижение деструкции элементов позвоночно-двигательных сегментов [42]. Использование винтовой и (или) межтеловой фиксации при хирургическом лечении пациентов с грыжами межпозвонковых дисков не имеют клинических преимуществ [52, 85, 238, 158]. Их применение связано с большим риском периоперационных осложнений, большей кровопотерей, увеличением времени и стоимости хирургического лечения, более длительным послеоперационным койко-днем.

Концепция микрохирургической дискэктомии была представлена Williams в 1978 году [141]. Данный вид хирургического вмешательства в совокупности с микроскопом или иными оптическими устройствами в настоящее время является «золотым стандартом» при лечении пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков [33]. Постепенно развивалась эндоскопическая хирургия. Этому способствовало усовершенствование технологии эндоскопов, цифровая обработка изображений и видео высокой четкости.

Исследования высокого уровня доказательности указывают на эффективность современных микроэндоскопических и перкутанных методик при лечении пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков,

которая является сопоставимой по результатам с традиционной микрохирургической дискэктомией [113, 173, 278, 238, 86, 87, 16]. При этом эндоскопический доступ позволяет сохранить как длинные, так и короткие сегментарные мышцы спины, исключает массивную костную резекцию, что может вызвать дестабилизацию позвоночно-двигательного сегмента [33, 248, 16, 32]. Не маловажным у лиц молодого и среднего возраста является косметический результат. Все это способствует повышению комплайенса между врачом и пациентом и уменьшению случаев необоснованного пролонгирования консервативной терапии.

Одним из самых больших исследований в отечественной литературе, была работа опубликованная в 2017 году [2]. Авторами был обобщен 10-летний опыт лечения 1386 пациентов с применением микрохирургической, перкутанной и микроэндоскопической дискэктомии. Отличный и хороший результат в 6-ти месячный период был получен в 93.1%, 95.7% и 91.4% случаях соответственно. Симонович А.Е. с соав. в сравнительном исследовании микрохирургической дискэктомии и эндоскопической по Дестандо выявили сопоставимость двух методик в отношении клинического исхода (ВАШ и ODI), частоте осложнений и рецидива грыж межпозвонковых дисков [40]. Кравцов М.Н. с соав. в проспективном когортном исследовании провели сравнение чрескожной видеоэндоскопической и микрохирургической дискэктомии у 441 пациента [19]. Авторы не отметили клинической разницы исходов хирургического вмешательства, которое оценивалось по шкалам NRS-11, ODI, SF-36, MacNab.

В течении последних 5 лет были опубликованы ряд систематических обзоров и мета-анализов посвященных сравнению результатов лечения пациентов с поясничными межпозвонковыми грыжами эндоскопическими и неэндоскопическими методами [278, 52]. В 2018 г Alvi M.A. et al в систематическом обзоре с мета-анализом 14 исследований с общим количеством пациентов 1707 пришли к выводу, что перкутанная и микроэндоскопическая техника может быть использована как безопасная альтернатива открытой дискэктомии [52]. При этом эндоскопическая

технология сопряжена с меньшим периодом госпитализации, меньшей кровопотерей, но большим числом рецидивов грыж, осложнений, особенно травмы дурального мешка, и реоперации. В другом мета-анализе, акцентировавшемся именно на осложнения при использовании различных методик дискэктомии – микродискэктомия, микроэндоскопическая дискэктомия, перкутанная дискэктомия. Общее число осложнений составило 16.8%, 21.2% и 5.8% соответственно. Однако, в сравнении с микродискэктомией при перкутанной дискэктомии был выше риск рецидива грыжи ($RR = 1.67, 95\% CI 1.05-2.64$) и реоперации ($RR = 1.75, 95\% CI 1.20-2.55$), а при микроэндоскопической дискэктомии выше частота осложнений, требовавших интервенционного вмешательства под общей анестезией ($RR = 10.83, 95\% CI 1.29-91.18$).

Таким образом, на сегодняшний день является определенным, что наиболее эффективным и безопасным методом лечения пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков является декомпрессивное хирургическое вмешательство без применения стабилизирующих конструкций. Эндоскопические технологии являются альтернативой стандартной микродискэктомии, имеющие сопоставимые клинические исходы и возможные неблагоприятные события (продолженная дегенерация, включающая рецидив грыжи; осложнения).

1.1.3 Факторы и способы профилактики рецидива грыж поясничных межпозвонковых дисков

Несмотря на фундаментальные знания в области дегенеративно-дистрофических поражений позвоночника, возможности диагностики и новые хирургические технологии, результаты хирургического лечения пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков не могут в полной мере удовлетворять современным требованиям. Существует и изучается множество факторов, влияющих на исход хирургического вмешательства. Их понимание и

учет может помочь корректировать хирургическую тактику с целью предотвращения неблагоприятного исхода.

К факторам, которые можно определить преимущественно интраоперационно, относятся дефект фиброного кольца и объем удаленной ткани межпозвонкового диска [79, 80, 36]. Carragee EJ et al в ряде своих исследований выявили, что при протрузионном типе грыж диска с большим ятрогенным дефектом фиброзного кольца (>6 мм) частота рецидива составила 38%, а при экструзии с маленьким щелевидным дефектом 1% [79]. Так же авторы отметили, что частота рецидива грыж была значительно выше в группе лимитированной, чем агрессивной дискэктомии (18% против 9%) [80].

К клиническим факторам, которые могут иметь связь с микродискэктомией относятся пол, возраст, масса тела и курение. Алексанян М.М. с соавт. в когортном исследовании определил более худший клинический исход в виде болевого синдрома у пациентов с ожирением после микродискэктомии [1]. Moliterno JA et al при анализе результатов микродискэктомии у 217 пациентов отметили, что пациенты с недостаточной массой тела склонны к развитию рецидива грыж межпозвонковых дисков [192]. Kim K.T. et al отметил, что курение ($P=0,023$) имеет значимую корреляционную связь с рецидивом грыж поясничного отдела позвоночника [160]. Климов В.С. с соав. не выявили значимой роли ожирения и сопутствующей соматической патологии в клиническом исходе и частоте повторных операций у пациентов после микродискэктомии, вне зависимости от возраста [14]. В исследовании Yuras et al, основанном на результатах лечения 1028, выявлена связь рецидива грыж с сублигаментрным расположением грыж у пациентов моложе 35 лет [287]. В данные исследования SPORT в 8 летний период наблюдения, где были проанализированы 810 пациентов, из которых 74 (9.1%) имели рецидив грыж, определены следующие предикторы рецидива грыжи: молодой возраст, отсутствие неврологического дефицита до операции и исходно более высокие показатели ODI [1].

Ряд исследований указывают на то, что степень дегенерации межпозвонкового диска имеет значимую связь с исходом микродискэктомии на поясничном отделе позвоночника. G. Cinotti et all выявили, что пациенты мужского пола с IV стадией дегенерации межпозвонкового диска более склонны к повторному образованию грыжи диска [92]. В исследовании Kim K.T. et all не выявлено значимой связи стадии дегенерации диска и рецидива грыж, но отмечено, что частота повторного образования грыж была ниже при I, II (1/33, 3.0%) и VI (0/13, 0.0%) стадиях дегенерации по модифицированной классификации Pfirrmann [160]. Так же данные авторы отметили, что пациенты, имеющие больший индекс высоты диска ($P=0,001$), сагиттальный объем движения сегмента ($P=0,000$) значимо коррелируют с рецидивом грыж поясничного отдела позвоночника [160]. Yaman M.E. et all, изучив данные 126 клинических случаев, определили, что пациенты с рецидивом грыж имели большую высоту межпозвонковых дисков ($P<0.001$) и у них чаще выявлялись изменений Modic ($P=0.032$) [279]. Аналогичные данные получены JM Kim et all, которые на основании собственных исследований определила, что изменения Modic являются прогностически неблагоприятным фактором хирургическом лечении пациентов с грыжами межпозвонковых дисков [151]. Таким образом, исходя из данных литературы есть основание полагать, что не только хирургическая техника и тактика, а также исходные морфологические и биомеханические параметры играют важную роль в частоте неудовлетворительных исходов микродискэктомии при межпозвонковых поясничных грыжах.

Во многих исследованиях сообщается о различных предполагаемых факторах риска, но при этом результаты этих работ далеко не всегда однообразны, а порой противоречивы. Одной из немногочисленных высокодоказательных работ был мета-анализ Huang W. et all. [133]. На основании анализа 17 статей, подходящих под критерии включения, авторами определены только три фактора: курение, протрузионный тип грыжи диска и диабет. По мнению авторов, именно

эти факторы должны обращать на себя внимание при планировании стратегии по профилактике рецидива грыж межпозвонковых дисков.

Насегоднешний момент большинство работ направлены на выявление факторов, имеющих значимую связь с рецидивом грыж. Существует малочисленное количество исследований по созданию систем прогноза, рассчитывающих вероятность развития рецидива. Одной из таких работ является исследование Li Y et al, в которой авторы на большой ретроспективной когорте пациентов после перкутанной эндоскопической дискэктомии определили 11 факторов риска, на основании которых была создана нелинейная регрессионная модель прогноза рецидива грыж, что в предоперационном периоде может определять выбор хирургической технологии с целью улучшения результатов лечения [174]. Однако, данная модель не проверена на проспективной когорте пациентов. Все большую популярность в сфере прогнозирования исходов лечения приобретает применение систем искусственного интеллекта. В сфере прогнозирования исхода хирургического лечения грыж таких работ ограниченное количество. Самой крупной работой является исследование Harada GK et al. [122]. В ней были выявлены значимые факторы риска развития рецидива грыж после микродискэктомии. Ими разработан индекс профиля повторной грыжи, который был переведен в онлайн-инструмент скрининга для выявления пациентов с низким и высоким риском повторной ГНП. Однако, значимыми факторам были только клинические данные: дооперационная VAS в ноге, ODI, повышенный индекс массы тела, продолжительность симптомов и возраст. К тому же данная модель так же не апробирована на проспективной когорте.

Canturk TC et al провели анализ предикторных моделей неблагоприятных исходов в хирургии позвоночника, в том числе и касательно поясничных межпозвонковых грыж, опубликованных в период с 2010 по 2020 [78]. Ими заключено, что большинство моделей прогнозирования не прошли стандартизированную разработку модели и внутреннюю проверку или адекватную внешнюю проверку и оценку воздействия. Все это отражает

неопределенность в отношении их достоверности, обобщаемости и клинической полезности.

Одной из современных технологий, направленных на уменьшение частоты рецидива грыж поясничных межпозвонковых дисков, является технология закрытия дефекта ФК. Исследования в этом направлении были начаты с 70-х годов прошлого века [282]. Анализировались различные варианты закрытия дефекта фиброзного кольца. В экспериментах проводилась оценка шва фиброзного кольца. Однако, в этих не было показано преимуществ данной методики [49]. Другим вариантом аннулопластики было применение биodeградируемых клеев, которые показали обнадеживающие результаты в экспериментах [259, 143, 222]. Вышеприведенные методики нашли свое отражение только в экспериментальных биомеханических исследованиях, но клинического применения в настоящее время не получили.

В практической медицине были апробированы такие барьерные технологии как ISMS (Inclose Surgical Mesh System), XTRS (Xclose Tissue Repair System) и имплантат «Barricaid» [250]. Из данных имплантатов наибольшее распространение получил последний. Имплантат «Barricaid» (Intrinsic Therapeutics Inc., Woburn, MA) был изучен в проспективном рандомизированном исследовании, регулируемым FDA. Под руководством Claudius Thomé было проведено данное мультицентровое исследование, которое является одним из самых масштабных. В нем оценены данные 272 пациентов, которым применялся имплантат «Barricaid», и 278 пациентов без его использования при хирургических вмешательствах у пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых грыж [250]. В 2-х летний период наблюдения отмечено, что у пациентов с шириной дефекта ФК >6 мм общая частота реоперации была в 3 раза меньше при использовании имплантата, а по поводу именно рецидива грыж - 5% против 13%, при сопоставимом клиническом исходе (VAS спина и нога, ODI). Однако, отмечено, что частота изменений ЗП при использовании имплантата значительно больше (84% vs. 30%, $P<0.001$).

Результаты этого исследования в 5-ти летний период наблюдения показывали, что у пациентов с высоким риском рецидива грыжи после микродискэктомии из-за большого дефекта в фиброзном кольце применение имплантата снижает риск симптоматического рецидива (18,8% против 31,2%) и повторной операции (16% против 22%), но так же при сопоставимом клиническом исходе [252].

При мета-анализе 2 рандомизированных и 2 нерандомизированных исследования Miller LE et al пришли к заключению, риск симптоматической повторной грыжи и повторной операции примерно на 50% ниже у пациентов, перенесших поясничную дискэктомию с применением Barricaid, по сравнению с только дискэктомией [188].

Таким образом, данные современной литературы указывают на значимые преимущества применения имплантата Barricaid в сравнении с только микродискэктомией при больших дефектах фиброзного кольца у пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков. Однако, при исследовании данной технологии, не учитывались другие, в том числе дооперационные радиологические, факторы, имеющие значимую связь с рецидивом, которые могли бы быть или ограничением, или наоборот показанием для ее использования. В дополнение к тому, немаловажным является экономическая составляющая. Сплошное применение данной технологии может являться значимым с позиции финансовой нагрузки на систему здравоохранения, т.к. хирургические вмешательства при грыжах являются самыми распространенными операциями в вертебрологии. Поэтому необходима интеграция данной технологии в систему принятия решений при планировании хирургического лечения, с целью рационального ее применения.

1.2 Дегенеративный стеноз позвоночного канала и дегенеративный спондилолистез поясничного отдела позвоночника

1.2.1 Социально-экономическая значимость дегенеративного стеноза и дегенеративного спондилолистеза.

Дегенеративный спондилолистез является достаточно распространенной патологией поясничного отдела позвоночника. Она сильно зависит от пола и возраста. Дегенеративный спондилолистез редко развивается у женщин и мужчин до достижения ими 50 лет. Однако после преодоления этого возрастного рубежа как у женщин, так и у мужчин смещение позвонка встречается все чаще, причем у женщин темпы развития выше, чем у мужчин [264]. Kobayashi H et al сообщили, что около 2.1% мужчин и 8.1% женщин имеют данную патологию [155]. Отчасти это может быть объяснено постменопаузальными гормональными изменениями у женщин [264]. Низкий уровень женских половых гормонов у женщин может быть связан с ускоренной дегенерацией межпозвоночного диска, с более высокой распространенностью остеоартрита, в том числе фасеточных суставов слабостью параспинальных связок и мускулатуры [264]. Согласно Barrey C et al дегенеративный спондилолистез является одним из компенсаторных механизмов сагиттального дисбаланса при каскаде дегенеративных изменений поясничного отдела позвоночника [63]. Таким образом, развитие дегенеративного спондилолистеза является мультифакториальной проблемой.

Дегенеративный стеноз позвоночного канала так же является значимой проблемой в вертебрологии. Его встречаемость значимо нарастает у лиц пожилого и старческого возраста, при этом он может быть совместно с дегенеративным спондилолистезом [135, 184]. Клинические проявления дегенеративного стеноза является наиболее распространенным показанием к операции на позвоночнике у пожилых людей [57]. Как показано в ряде исследований хирургическое вмешательство является более эффективной опцией лечения пациентов, что является причиной экспансивного роста

вмешательств у пациентов с данной патологией [267, 265, 202, 203]. Deyo RA et al указали, что траты на медицинское сопровождение в лечении пациентов со стенозом составили 1,65 миллиарда долларов при частоте 135,5 случаев на 100.000 населения [98]. Традиционно считается, что спондилолистез представляет собой нестабильность, и у пациентов со стенозом к декомпрессии добавляется стабилизация, чтобы предотвратить дальнейшее смещение или прогрессирование нестабильности [138], что в свою очередь значительно усиливает нагрузку на систему здравоохранения, поскольку это представляет собой самую высокую стоимость любой хирургической процедуры в мире [107].

В исследовании SPORT была проведена оценка экономических затрат на лечение пациентов дегенеративным стенозом и спондилолистезом. Анализ включал среднюю общую стоимость прямых и косвенных затрат. При стенозе они составили \$26.222 и \$42 081 при спондилолистезе [254]. Они были рассчитаны как комплексные затраты на хирургическое вмешательство, диагностику, консервативное лечение, потери по временной нетрудоспособности. Затраты на годы жизни с поправкой на качество составили \$77.600 при стенозе и \$115.600 при спондилолистезе в первые 2 года. Со второго по четвертые года - \$59.400 и \$64.300 [266].

Таким образом, значимость лечения пациентов с дегенеративным стенозом позвоночного канала и дегенеративным спондилолистезом в современной вертебрологии очень высока, что диктует необходимость в поиске баланса адекватности хирургической помощи для достижения максимальной клинической эффективности и экономической нагрузки на систему здравоохранения.

1.2.2 Классификационные системы дегенеративного стеноза позвоночного канала и спондилолистеза.

Дегенеративный стеноз и дегенеративный спондилолистез – это две достаточно тесно связанные нозологические формы дегенеративно-

дистрофических поражений позвоночника как с точки зрения одномоментного их присутствия, так и клинических проявлений, и морфологических изменений. Однако, дегенеративный стеноз чаще рассматривается с позиции степени компрессии на интраканальные сосудисто-нервные образования, а дегенеративный спондилолистез – как двух и трехплоскостная деформация. Данный принцип положен в основу современных классификационных систем.

Требования, предъявляемые к современным классификациям, предполагают не только определение типа морфологического субстрата, который обязательно должны быть сопоставлены с клиническими проявлениями, но определять тактику хирургического лечения. При этом должны использоваться высокоинформативные методы рентгенографии и нейровизуализации как в статическом, так и динамических вариантах. Современные классификационные системы оцениваются внутри- и межэкспертной надежностью, только после этого ее можно считать валидной.

МРТ, как наиболее информативный метод исследования при выявлении дегенеративного стеноза, лежит в основе ряда современных классификаций. Одна из таких была представлен на страницах журнала SPINE в 2010 Schizas et al (приложение 8, рис 1) [225]. Это система качественной оценки, основанная на взаимоотношениях дурального мешка, цереброспинальной жидкости, эпидурального жира и нервных корешков в позвоночном канале.

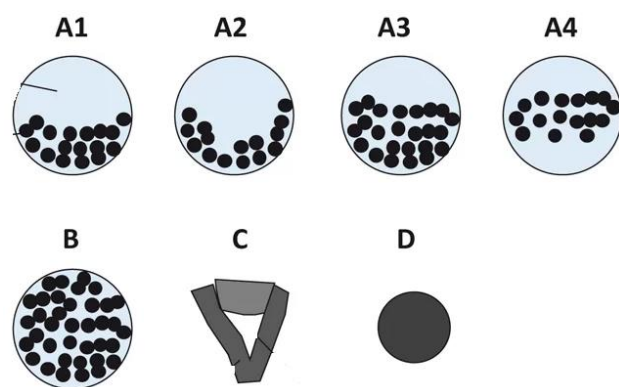


Рисунок 1. – Классификация поясничного спинального стеноза по Schizas

Авторами определена ее степень достоверности как средняя: межэкспертная надежность – $k = 0,44$, внутриэкспертная – $k = 0,65$. Так же отмечена значимая корреляция между площадью поперечного сечения дурального мешка и стадией стеноза. При С и D стадия она составила менее 75 мм^2 , при данных стадиях имелись клинические проявления, требовавшие хирургического вмешательства.

В настоящее время отсутствуют признанные классификационные системы стеноза латерального рецессуса [229]. Имеются критерии оценки такого сужения по данным МРТ поясничного отдела позвоночника высота бокового кармана $\leq 2 \text{ мм}$ (расстояние между верхним суставным отростком нижележащего позвонка и задним краем тела позвонка на заинтересованном уровне); глубина бокового кармана $\leq 3 \text{ мм}$ (расстояние между верхним суставным отростком и задним краем тела позвонка на уровне краниального отдела корня дуги) и угол бокового кармана $< 30^\circ$ (угол между линиями, проведенными параллельно основанию и «крыше» бокового кармана) [246].

Одной из наиболее известных классификаций фораминального стеноза стала система, предложенная Lee S et al в 2010 году [167]. Она включает 4 градации от 0 до 3 и оценивается по данным МРТ: 0 - присутствует жировая клетчатка; 1 - отсутствие периневральной жировой клетчатки в любом поперечном или вертикальном направлении; 2 - полностью отсутствует жировая ткань в межпозвонковом отверстии; 3 - нервный корешок морфологически изменен. Внутри- и межэкспертная надежность классификации оценивалась как почти идеальная ($k \geq 0,80$).

Классификаций спондилолистеза этиопатогенетической направленности в настоящее время имеют больше историческую ценность. К ним относятся система Wiltse LL et al [273], И.М. Митбрейта [26], P.G. Marchetti и P. Bartolozzi [179], Н.И. Хвисяка [24].

Еще одним принципом, который положен в основу деления спондилолистезов – это степень трансляции позвонка. Одной из наиболее

известных это классификация Meyerding H.W.. Следующим этапом эволюционирования классификаций – это оценка угловых взаимоотношений смещаемого позвонка относительно нижележащего [24]. Митбрейт И.М. и Беленький В.Е. установили, что наибольшее значение при хирургическом лечении имеет именно устранение углового, а не линейного смещения с целью нормализации позвоночно-тазовых взаимоотношений [27].

Поскольку требованиями к современным классификациям, в том числе и спондилолистезов, предъявляются с позиции хирургической тактики, этот акцент и применяются в системах, представленных в последние два десятилетия. Во-первых, определено, что тактика хирургического лечения во многом зависит от степени его смещения и угловых взаимоотношений, которые указывают на особенности позвоночно-тазовых и глобальных взаимоотношений, имеющих значимое влияние на клиническое состояние пациента [161, 233].

Реконструкция сагиттального баланса при низкостепенных дегенеративных спондилолистезах позволяют существенно улучшить качество жизни пациентов [13]. Поэтому, понимание и принципы изменений позвоночно-тазовых параметров в сагиттальной плоскости легли в основу классифицирования спондилолистезов. Одной из общепризнанных, основанной на данных принципах, является классификация спондилолистеза, представленная Spinal Deformity Study Group (SDSG) [161]. Она имеет существенную внутри- и межэкспертную надежность – κ = 0.74 и κ = 0.65, соответственно [132]. Классификация SDSG предложена для спондилолистеза L5 и в большей степени для истмического и диспластического генеза, хотя частично ее принципы, могут быть использованы и для оценки смещения вышележащих позвонков и иных типов.

Классификация, которая создана именно для дегенеративного спондилолистеза, является CARDS (The Clinical and Radiographic Degenerative Spondylolisthesis) [146]. Предложенная система учитывает высоту межпозвоночного диска, трансляция позвонка, наличие кифоза, болевого синдрома в нижних конечностях. Классификация была разработана и

проанализирована по рентгенологическим и клиническим данным 100 пациентов с дегенеративным спондилолистезом L4 позвонка. Она включает 4 типа:

Тип А – коллапс межпозвонкового диска без кифоза

Тип В - межпозвонковый диск частично сохранен, смещение позвонка <5 мм (при статической и функциональной спондилографии)

Тип С - межпозвонковый диск частично сохранен, смещение позвонка >5 мм (при статической и (или) функциональной спондилографии)

Тип D – сегментарный кифоз (при статической и (или) функциональной спондилографии)

Дополнительным модификатором является болевой синдром в ноге или ногах: 0 – отсутствие боли в ногах, 1 – боль в одной ноге, 2 – боль в обеих ногах.

Классификация CARDS имеет почти отличную внутри- и межэкспертную надежность – $\kappa_{\text{внутри}} = 0.83$ и $\kappa_{\text{межэкспертная}} = 0.82$, соответственно. Представленная классификация является простой и понятной, однако одним из ее минусов является отсутствие возможных хирургических опций для каждого типа. Так же классификация не учитывает регионарный и глобальный баланс в сагиттальной и коронарной плоскостях, который является важным с позиции клинического исхода. Несмотря на эти ограничения, авторы считают, что схема классификации CARDS будет способствовать более детальному и систематическому подходу к клиническим исследованиям, которые позволят решить нерешенные вопросы, касающиеся оптимального лечения для большинства пациентов с дегенеративным спондилолистезом.

Одной из наиболее изученных и научно обоснованных классификаций дегенеративного спондилолистеза является система, предложенная О. Gille [116]. В основу построения классификационной системы было положено определение типов поражения, отражающих биомеханический статус позвоночника. Их формирование базировалось на модификаторах деформаций позвоночника взрослых SRS-Schwab. В зависимости от изменений сагиттального профиля, выделены 3 типа патологии (таб 1).

Таб 1. Классификация дегенеративного спондилолистеза Gille

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

Тип 1 соответствует гармонизированному сагиттальному профилю, который определяется референсным значением параметра PI-LL<10°. Данный модификатор и его диапазон были определены как значимый в качестве жизни общей когорты взрослых пациентов с деформациями позвоночника в проспективном мультицентровом исследовании Schwab FJ et al [234]. Тип 1 был градируванна 2 подгруппы в зависимости от сохранности сегментарного лордоза на уровне спондилолистеза. При этом пороговым значением его нормальности было принято 5°. Однако, авторы не объясняют, почему именно такое значение показателя выбрано как референсное.

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

классификации в 25° . Автором также не разъяснен именно этот порог, учитывая, что O. Gille в основу классифицирования взял модификатор PT из системы SRS-Schwab, в которой его значения градированы на три вида (до 20° , $20-30^\circ$, более 30°) [234].

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

Авторами предложена блок-схема с целью упрощенного определения типа биомеханических нарушений (рис. 2).

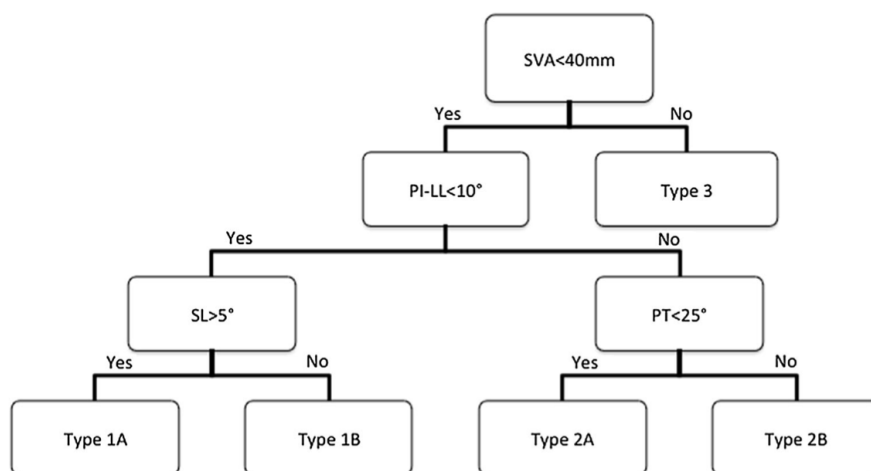


Рис.2 Алгоритм определения типов спондилолистеза согласно классификации Gille

В зависимости от типа поражения автор предполагает определение тактики лечения:

- тип 1А - нет необходимости восстанавливать сегментарный лордоз, поэтому возможно проведение заднего спондилодеза без межтеловой фиксации. Пожилые пациенты с данным типом являются лучшими кандидатами для декомпрессии без спондилодеза. Также динамическая стабилизация может быть методом выбора.

- тип 1В - требуется восстановление сегментарного лордоза, что диктует необходимость использование межтеловой фиксации;

- тип 2А – максимально короткосегментарная фиксация для восстановления нижне-поясничного лордоза;
- тип 2 В - восстановление поясничного лордоза, требуется более протяженная фиксация, чем при 2А типе, часто от L3 до S1;
- тип 3 – коррекция сагиттального дисбаланса, вмешательство по поводу дегенеративного спондилолистеза является вторично.

Данной классификационной системы были посвящены ряд исследований, оценивающие ее клиническую ценность, валидность и надежность. В 2017 О. Gille et all опубликовали результаты исследования 166 пациентов с дегенеративным спондилолистезом, на которых была определена клиническая значимость, предложенной классификации [115]. Были оценены и определены взаимосвязи демографических, клинических, радиологических параметров и типов дегенеративного спондилолистеза, разработанной классификационной системы. Во-первых, выявлена значимая корреляционная связь типа поражения с возрастом и качеством жизни, оцененном по шкалам ODI и SF-12 PCS. Выявлено, что пациенты с 3 типом значительно старше и имеют исходно большие значения ODI и меньшие параметры SF-12 PCS в сравнении с типами 1А и 1В ($p = 0.0002$ и $p = 0.003$ соответственно). Далее авторы провели внутри- и межэкспертную оценку надежности классификации в определении типа спондилолистеза, используя данные 99 пациентов. При этом значение внутриэкспертной воспроизводимости составило $ICC > 0.92$ и Cohen kappa > 0.89 для каждого наблюдателя. Значение kappa Fleiss для воспроизводимости между наблюдателями составило 0,82, с процентом согласованности между ними от 88% до 89%.

Таким образом, на сегодняшний день классификационная система дегенеративного спондилолистеза Gille представляется наиболее простым гармоничным научно-обоснованным лечебно-диагностическим алгоритмом в принятии тактических решений при хирургическом лечении пациентов.

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

Можно выделить ряд ограничений использования данной системы в виде отсутствия учета:

- возрастных особенностей сагиттального профиля;
- коморбидного фона пациента;
- превалирующего клинического синдрома;
- иных, кроме сагиттальных модификаторов, предложенных SRS-Schwab;
- роли стеноза в развитии дисбаланса.

Сагиттальные модификаторы. Касательно сагиттальных модификаторов SRS-Schwab можно отметить следующее, их референсные значения были определены на сплошной когорте пациентов без учета возраста, типов поясничного лордоза по Roussouly, которые имеют значимую составляющую в распределении доли верхне- и нижне-поясничного лордоза, что является очень важным с позиции гармоничного сагиттального профиля [166]. Параметры и их значения, которые легли в основу классификации Gille, за последнее десятилетие были подвергнуты критическим аргументированным оценкам. Во-первых, диапазон $PI-LL < 10^\circ$ может быть приемлем к пациентам, имеющим низкий PI. При среднем и высоком показателе PI значения поясничного лордоза завышаются, что может приводить к некорректному расчету целевых показателей и приводить к гиперкоррекции, которая является независимым фактором риска механических осложнений при лечении пациентов с деформациями позвоночника взрослых [166, 211]. Следующим параметром, который использовался в классификации является PT. Он отражает включение механизмов компенсации при развитии сагиттального дисбаланса. Применение

его значения в виде порога в 25° не может быть экстраполирован на всех людей. К примеру, у пациентов с низким PI данное значение уже будет указывать на включение механизмов компенсации, а при высоких показателях PI это значение соответствует нормальным характеристикам [166]. Третий показатель, который используется в данной классификации - это SVA. Его функция отражать состояние глобального баланса. Но определенные в исследовании SRS-Schwab [234] референсные значения могут не отражать истинного состояния баланса позвоночника. Пациенты с $PI > 60^\circ$ имеют анатомически большие позвонки, соответственно и нормальные значения SVA в абсолютных выражениях будут значительно больше, чем пациентов с $PI < 45^\circ$ [166]. Таким образом, использованные в классификации модификаторы не могут быть применены сплошь ко всем пациентам, иначе это отразится на некорректности поставленных хирургических целей.

Помимо анатомо-физиологических особенностей, которые влияют на показатели параметров сагиттального профиля, рядом исследований показано, что имеются возрастзависимые нормативные значения [162, 140]. Текущие сагиттальные модификаторы классификации SRS-Schwab фиксированы. Хотя эти критерии обеспечивают хорошую клиническую оценку у репрезентативного большинства пациентов с деформациями позвоночника взрослых (в возрасте от 50 до 60 лет), их значения слабоприемлемы к пожилым и/или молодым пациентам. Исследования в области спинальной хирургии продвинулись вперед, и одной из современных целей является разработка «индивидуального» подхода соответствия потребностям и особенностям каждого человека. Установлено, что SVA коррелирует с показателями качества жизни, при этом его референсные значения не должны превышать 4 см, однако, его вариабельность определяется возрастными характеристиками пациентов. Такие же заключения сделаны и относительно ряда других параметров позвоночно-тазового и глобального баланса. Lafage R et al на данных 773 пациентов с деформациями позвоночника взрослых, из которых оперированы

54%, определили таргетные значения показателей сагиттального профиля позвоночника в разных возрастных группах [162]. Iyer S et al исследовали 115 бессимптомных волонтеров в разной возрастной категории. Они выявили значимую линейную зависимость изменений параметров сагиттального баланса с возрастом. Отмечено, что LL уменьшается, PT и SVA увеличиваются при отсутствии клинических проявлений [140].

Дегенеративный стеноз позвоночного канала может вызывать развитие так называемого «функциональный дисбаланса», при котором происходит включение всех механизмов компенсации (гипокифоз, гиполордоз, ретроверсия таза, сгибание в коленных суставах и т.д.), характеризующих нарушение сагиттального профиля позвоночника. Это обусловлено потребностью рекалибровать стенозированный позвоночный канал с целью декомпрессии интраканальных сосудисто-нервных образований. Bridwell KN в 2001 году ввел понятие «динамический дисбаланс», обусловленный стенозом позвоночного канала [75]. Считается, что о данном биомеханическом состоянии позвоночника можно говорить, когда имеется несоответствие $\geq 10^\circ$ между поясничным лордозом, измеренным в положении лежа и стоя [75]. Функциональный дисбаланс можно заподозрить, когда имеется увеличение SVA при нормальных значениях PT, хотя при длительном течении клинических проявлений дегенеративного стеноза PT может быть увеличено, особенно когда имеется стеноз на уровне L4-S1. В исследовании Sharma A et al показано, разница поясничного лордоза при измерении с помощью рентгенографии в положении стоя до операции и при интраоперационном позиционировании в условиях миорелаксации составила более 11° , а разница между данными дооперационной MPT поясничного отдела позвоночника в положении лежа и интраоперационным позиционированием была на уровне 3° [236]. Что послужило основанием предложить использование MPT для оценки поясничного лордоза в качестве комплексного предоперационного обследования для выявления функциональной доли в сагиттальном дисбалансе

с целью более точного планирования хирургического лечения, позволяющего избегать расширения агрессивности вмешательства.

Как известно, хирургическое лечение пациентов с дегенеративными поражениями позвоночника, направлено на купирование превалирующего клинического синдрома [15, 28]. Во многом это влияет на объем хирургического вмешательства, особенно у пациентов старшей возрастной категории. Например, пациенты с разными клиническими проявлениями при идентичных морфологических изменениях требуют разных хирургических подходов. В докторской диссертации Климов В.С. определил дифференцированный нейроортопедический подход к оказанию хирургической помощи пациентам старшей возрастной категории с дегенеративной патологией поясничного отдела позвоночника [15]. Основой его работы явилось выделение доминирующего клинического синдрома: компрессии, нестабильности и деформации. Для каждого вида проявлений определена своя хирургическая опция. Автором доказано, что операционное купирование доминирующего клинического синдрома минимально необходимым объемом вмешательства позволяет достичь пороговых значений MCID, не расширяя показаний для излишней декомпрессии, стабилизации и коррекции. В исследовании Млявых С.Г., где им были исследованы пациенты с дегенеративным стенозом, также были определены клинико-морфологические формы с превалирующим синдромом: стабильный, нестабильный и с деформациями [28]. Данный подход позволил дифференцированно применять традиционные и миниинвазивные декомпрессивные, стабилизирующие и реконструктивные вмешательства, обеспечивающие оптимальный выбор хирургической технологии, минимизируя риски и создавая условия для улучшения качества жизни у конкретного пациента.

Таким образом, создание классификации или протокола, учитывающие многие факты, такие как клинические синдромы, морфологические субстраты, биомеханическое состояние позвоночника с учетом возраста и коморбидного

фона, и позволяющие персонифицированно с их учетом проводить таргетное минимальноагрессивное хирургическое воздействие с максимальным клиническим эффектом.

1.2.3 Современная хирургическая тактика и анализ ее результатов при лечении пациентов со стенозом позвоночного канала в сочетании и без дегенеративного спондилолистеза

Дегенеративный стеноз позвоночного канала и дегенеративный спондилолистез часто сопутствуют друг другу, имеют много схожего как в патогенезе, так и в клинических проявлениях. Хирургическая тактика этих нозологических форм дегенеративно-дистрофических поражений позвоночника схожа [261]. Тактика хирургического лечения пациентов с дегенеративным спондилолистезом и стенозом уже давно является предметом дискуссий. Хотя хирургическое вмешательство обычно требуется пациентам с резистентными к консервативной терапии синдромами, общепринятых рекомендаций по лечению не существует [145]. Согласно исследованию SPORT, клинические результаты хирургического лечения пациентов как с дегенеративным стенозом, так с спондилолистезом, значимо превосходят консервативное в период 6 недель, 2 и 4 года [202, 203]. Многие хирурги обычно выполняют декомпрессию нервных структур и спондилодез при симптомах нейрогенной хромоты или радикулопатии. Этот подход частично основан на более ранних работах, которые продемонстрировали лучшие клинические результаты у пациентов, перенесших спондилодез, по сравнению с теми, кому проводилась только декомпрессия [126, 21]. При этом и относительно недавние публикации, указывают на хорошие клинические результаты спондилодеза [277, 206, 17]. Другим полюсом в хирургии дегенеративного стеноза и спондилолистеза является проведение только декомпрессии без стабилизации, особенно при использовании минимально инвазивных технологий, позволяющих щадяще воздействовать на опорные колонны позвоночника [46, 144, 31]. Третья часть хирургов выступает за использование динамического инструментария без сращения для устранения потенциальной нестабильности

после декомпрессии [99, 100]. Очевидно, что единообразия среди научного сообщества нет и требуются большие ясности для определения оптимальных стратегий хирургического вмешательства при данных патологических состояниях. Основной трудностью при изучении или обсуждении подходов к лечению является гетерогенный характер заболевания. Много неучтенных факторов могут дискредитировать применяемый подход: биомеханические аспекты сегментарного, регионарного и глобального уровней, тип клинических проявлений, хирургическая возможность и доступность и т.д..

По данным литературного поиска найдены ряд высокодоказательных работ (I и II уровне доказательности), исследовавших типы хирургического вмешательства при дегенеративном спондилолистезе и дегенеративном стенозе позвоночного канала. Wang M et al при мета-анализе данных 11 исследований не выявили необходимости выполнять спондилодез при наличии спондилолистеза у пациентов с дегенеративным стенозом, учитывая возможности современных минимальноинвазивных технологий [261]. Inose H et al провели проспективное рандомизированное контролируемое клиническое исследование (II уровень доказательности) на 85 пациентах с 5-ти летним периодом наблюдения [137, 136]. Первичной конечной точкой была выбрана боль в поясничном отделе позвоночника, оцененная по VAS. Пациенты с дегенеративным спондилолистезом были разделены на 3 группы в зависимости от вида хирургического вмешательства: декомпрессия, декомпрессия с задне-латеральной стабилизацией и декомпрессия с динамической стабилизацией. По результатам исследования было заключено, что дополнительная инструментализация при низкостепенном дегенеративном спондилолистезе не приводит к лучшим результатам в сравнении с только декомпрессией как через 1 год, так и через 5 и 12 лет. При этом использование конструкции увеличивало длительность операции, объем кровопотери и длительность госпитализации. Leschke JM при обобщил данные 5 рандомизированных исследований, два из которых имели I уровень доказательности, три относились к III уровню [170].

Он посчитал трудным делать однозначные выводы о роли спондилодеза при дегенеративном симптоматическом стенозе, учитывая значительную неоднородность в дизайне исследований, определении хирургических методов, показателях результатов и группах пациентов. К примеру, существует общее мнение о том, что спондилодез необходим пациентам, страдающим симптомами, связанными с нестабильностью [228].

Наконец, хирургические методы декомпрессии и спондилодеза продолжают развиваться быстрыми темпами. Например, многие хирурги в настоящее время выполняют декомпрессию путем резекции дужки, а не ламинэктомии [227]. Важно, чтобы исследования шли в ногу с этой быстрой эволюцией для сохранности клинической применимости. Поиск ответа на вопрос, какие пациенты действительно выиграют от спондилодеза, все еще продолжаются. Суждение хирурга останется решающим компонентом для принятия решений. Это продолжится до тех пор, пока будущие испытания не внесут ясность. Применение стабилизации должно быть адаптировано к конкретному пациенту, а не быть рутинной практикой.

Значимость минимально инвазивных технологий при хирургическом лечении пациентов с дегенеративным спондилолистезом и стенозом была предметом достаточно большого количества исследований разного уровня доказательности. Phan K при мета-анализе 5 рандомизированных и 7 наблюдательных исследований по сравнению результатов минимальноинвазивной декомпрессии и открытой ламинэктомии отметили меньшую кровопотерю при первом варианте лечения, но сопоставимость по клиническому исходу и частоте осложнений [204]. Ряд мета-анализов, посвященных сравнению спондилодеза, выполненных минимально-инвазивным и традиционным открытым способом, указывают на идентичные средне-срочные и отдаленные клинические результаты этих технологий [275, 176, 276].

Согласно Guideline, представленному Североамериканским Обществом Спинальных Хирургов (The North American Spine Society's (NASS)) в отношении хирургического лечения пациентов с дегенеративным спондилолистезом можно выделить следующее [184]:

- при симптоматическом одноуровневом дегенеративном спондилолистезе низкой степени тяжести (<20%) и без фораминального стеноза декомпрессия с сохранением опорных структур обеспечивает эквивалентные результаты по сравнению с хирургической декомпрессией со спондилодезом. Класс рекомендации В;

- недостаточно доказательств, чтобы рекомендовать или не рекомендовать использование декомпрессии с заднебоковым или 360° спондилодезом при хирургическом лечении пациентов с дегенеративным спондилолистезом. Класс рекомендации А;

- недостаточно доказательств, чтобы дать рекомендацию за или против использования редукции позвонка при спондилодезе. Класс рекомендации А;

- нет убедительных доказательств преимущества минимально инвазивных техник декомпрессии и спондилодеза. Класс рекомендации А;

- декомпрессию и спондилодез можно рассматривать как средство обеспечения удовлетворительных долгосрочных результатов лечения пациентов с симптоматическим стенозом позвоночника и дегенеративным поясничным спондилолистезом. Класс рекомендации С.

Комитет Всемирной Федерации Ассоциации Спинальных Нейрохирургов (World Federation of Neurosurgical Societies Spine Committee) в 2020 году выпустил рекомендации относительно хирургической тактики дегенеративного стеноза [218]:

- декомпрессия – это основной хирургический метод лечения пациентов с дегенеративным стенозом;

- спондилодез - это опция, особенно при наличии спондилолистеза или нестабильности, но показания остаются противоречивыми;

- динамическая фиксация — это опция, которая может помочь предотвратить патологию смежного сегмента.

1.3 Сегментарная нестабильность

1.3.1 Нерешенные вопросы определения и диагностики сегментарной нестабильности при дегенеративно-дистрофических поражениях поясничного отдела позвоночника

Понятие сегментарной нестабильности в вертебрологии комплексное, неоднозначно трактуемое и трудно диагностируемое. Обязательными базовыми компонентами являются клинические и радиологические характеристики. На сегодняшний день нет четких объективных критериев, позволяющих интерпретировать морфологические и клинические изменения, как сегментарную нестабильность

Одними из основоположников в изучении нестабильности поясничного отдела позвоночника являются White A.A., Panjabi M.M.. Они сформулировали следующее определение понятия – «утрата способности позвоночника под воздействием физиологической нагрузки поддерживать соотношения между позвонками в таких пределах, при которых не отмечается ни признаков анатомического повреждения структур, ни появляются признаки раздражения спинного мозга и его корешков, ни развиваются структурные изменения, приводящие к развитию выраженной деформации и боли, которые в свою очередь могут ограничивать трудоспособность и ежедневную активность пациента» [269].

По мнению Kirkaldy-Willis, Farfan (1982) [153]: нестабильность - ситуация, при которой клиническое состояние пациента, имеющего проблемы в поясничном отделе позвоночника, ухудшается под действием минимальных движений, провоцирующих усиление клинической симптоматики. Поэтому

авторы предложили включить последние стадии дегенеративного поражения, проявляющиеся ограничением подвижности сегмента, так же в категорию нестабильного состояния.

В отечественной вертебрологии общепринятым считается определение нестабильности, как патологическое состояние, ведущий признак которого – недостаточность несущей способности позвоночника, проявляющаяся под действием нагрузок избыточной деформацией, патологическими перемещениями или нарастающим разрушением элементов позвоночного сегмента» [9, 35].

Неоднозначно мнение не только относительно понятия нестабильности, но и с позиции её диагностикой объективизации, которая является непростой задачей. Выявление объективных диагностических критериев и клинически значимых симптомов достаточно сложно ввиду многофакторности нестабильности [72]. Порой очень трудно получить объективные данные для установления степени мобильности сегмента, что диктует необходимость использования косвенных признаков. Поскольку позвоночник – это сложная трехмерная структура, то описать даже нормальную кинематику позвоночно-двигательного сегмента достаточно сложно, а тем более при патологическом состоянии.

Диагностика нестабильности в клинической практике обычно основывается на стандартных методах визуализации. В большинстве клинических работ для диагностики сегментарной нестабильности используются боковые рентгенограммы в положении максимальной флексии и экстензии [105]. Однако, Pieper CC et al в рутинной практике не рекомендуют выполнение рентгенографии в положении разгибания ввиду того, что по их данным показатели задней трансляции позвонка не отличаются от позиции позвонка в нейтральном положении [210]. Так было определено, что функциональная спондилография наиболее информативна в положении сидя,

что позволяет получить увеличение объема движений в поясничном отделе позвоночника в среднем на 17° [127].

К радиологическими признаками нестабильности можно отнести сегментарную сагиттальную, фронтальную ангуляционную и (или) трансляционную гипермобильность, вакуум-феномен, тракционные шпоры, «черный» диск, изменения замыкательных пластинок и красного костного мозга тел смежных позвонков по типу Modic, синовит дугоотростчатых суставов, трехплоскостную деформацию сегмента, дегенеративный спондилолистез, сколиоз de-novo, центральный стеноз позвоночного канала [66, 117].

Одним из наиболее используемых рентгенологических критериев нестабильности является измерение объема движения при функциональной спондилографии (ROM – range of motion), т.е. это количественная характеристика амплитуды движений, отражающая максимальную деформацию сегмента [271]. В среднем объем движений при сгибании-разгибании у молодых людей составляет до 14° , а при боковых наклонах до 4° и 1,5° при аксиальной ротации [271]. Сегмент L5-S1 имеет меньшую амплитуду движений во всех направлениях в сравнении с другими.

Wood KB et al использовал следующие маркеры нестабильности: ангуляция более 8°, трансляция более 8% [274]. Ochia et al. предложили пороговым значением иметь ангуляцию более 4°, трансляцию более 6 мм [200]. Wang XW et al определили латеральную нестабильность по данным функциональной рентгенографии во фронтальной плоскости - ангуляция более 5°, трансляция более 5 мм [263].

Хотя, функциональная спондилография является наиболее распространённой методикой, ее диагностическая ценность зачастую вызывает сомнение и позволяет выявить только косвенные признаки нестабильности. Hayes M. A. при исследовании данных бессимптомных волонтеров выявил

ангуляцию 7-14° и трансляцию более 4 мм (у 20%) [124]. Stokes IA et al не определили отклонений от нормальных значений ангуляции и трансляции на функциональных рентгеновских исследованиях у пациентов с дегенеративной нестабильностью, диагностированной на основе клинико-рентгенологических (снижение высоты диска, склероз фасеточных суставов и т.п.) [247]. К тому же техника выполнения этого исследования не стандартизирована и имеет ограничения по воспроизводимости, а диагностические критерии и рентгенологические признаки нестабильности остаются очень спорными с большими допусками.

Значимым косвенным признаком сегментарной нестабильности является реактивный синовит дугоотростчатых суставов, определяемый по данным МРТ [117]. Snoddy MC et al на основании данных хирургического лечения 100 пациентов с дегенеративным спондилолистезом, определили связь синовита дугоотростчатых суставов с мобильностью позвоночно-двигательного сегмента и клиническим исходом спондилодеза [244]. Выявлена значимая положительная линейная зависимость синовита и мобильности ПДС. На каждый 1 мм диастаза суставной щели при наличии жидкости наблюдалось увеличение вероятности динамической нестабильности (на функциональной рентгенографии) на 41,6 % (95 % ДИ 1,8–97), а при диастазе менее 0,5 мм с 90% вероятностью отсутствовала динамической нестабильности. Так же ригидная стабилизация сегмента при наличии спондилоартрита позволяла добиваться достижения MCID для VAS в поясничном отделе позвоночника. Aggarwal A et al в мета-анализе 14 статей выявили, что около 71% пациентов с нестабильным спондилолистезом имели реактивный синовит [48]. Так же ими определено, что наличие спондилоартрита с диастазом суставной щели более 1 мм является предиктором нестабильности при спондилолистезе.

Изменения типа Modic, рассматриваются рядом авторов как признак сегментарной нестабильности. Toyone T et al определили сегментарную гипермобильность на функциональных спондилограммах в 70% случаях при

наличии изменений типа Modic I [256]. Hayashi T. et all по данным MPT 450 пациентов, выявили значимую связь между изменениями типа Modic и трансляцией с ангуляцией в ПДС [123]. Так же связь изменений типа Modic I и сегментарной нестабильности может подтверждаться косвенными доказательствами, основанными на исходе спондилодеза [108]. Esposito P et all по результатам данных хирургического лечения 60 пациентов, которым выполнен спондилодез, выявили значимо большее клиническое улучшение у пациентов с исходным наличием изменений типа Modic I [108].

Таким образом, в настоящее время не выявлено специфичных критериев, позволяющих четко дифференцировать «стабильный» сегмент от «нестабильного», что является достаточно актуальным вопросом, стимулирующим научное сообщество по направлению разработки диагностического алгоритма нестабильности.

В парадигме понимания нестабильности как клинико-морфологического синдрома White A.A. и Panjabi M.M. разработали критерии, позволяющие установить клинический синдром нестабильности [270]. Синдром клинической нестабильности выставляется наличии 5 баллов и более. Представленная критериальная оценка не относилась строго применительно к дегенеративно-дистрофическим поражениям, поскольку разрушение передних и задних колонн ПДС в основном может происходить при инфекционных, опухолевых и травматических повреждениях. Так же критерии можно отнести к другим пунктам данной системы. Нет критериев, которые можно оценить по данным MPT и МСКТ. При этом авторы не позиционировали данную систему как руководство к хирургической тактике, а в качестве основания для лечения болевого синдрома.

1.3.2 Роль сегментарной нестабильности в принятии тактических решений и ее влияние на результаты хирургического лечения пациентов с дегенеративно-дистрофическими поражениями позвоночника

С позиции патогенеза клинических проявлений сегментарной нестабильности, а именно того факта, что аномальный паттерн движений является причиной болевого синдрома, обоснованным методом хирургического лечения можно считать спондилодез. Однако, все составляющие причины и механизмы «механической» боли в поясничном отделе позвоночника пока до конца не определены, то и оптимальный метод ее лечения дискуссионен.

Спондилодез, как метод лечения болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника, применялся с начала прошлого века, хотя ни одна из работ не выявила убедительной связи боли исключительно с патологической подвиженностью. Считалось, что спондилодез, исключая движение в сегменте, уменьшает раздражение невралных структур. Однако непредсказуемые результаты спондилодеза, которые не улучшались, несмотря на прогрессивно развивающиеся методики ригидной фиксации, заставляют сомневаться в утверждении, что боль в пояснице была связана с движением сегмента и что исключение движения было ключевым моментом в её лечении.

На сегодняшний день спондилодез считается «золотым стандартом» для лечения боли в пояснице, однако, как показывает анализ литературы, не было никакой научной предпосылки для этого [193]. Транспедикулярная фиксация в сочетании с межтеловым спондилодезом позволило значительно увеличить частоту формирования межтелового блока. Внедрение в практику динамических стабилизаторов, в том числе, искусственных дисков показало, что, несмотря на сохранение определенного по объему и амплитуде движения, определяемого дизайном имплантата, клинические результаты были сходны с таковыми при спондилодезе [103]. Это явилось основанием обратить более пристальное внимание на другую функцию диска, которую эти имплантаты также выполняли - функцию передачи нагрузки. Вопросу передачи нагрузки

имплантатами уделялось большое внимание при разработке их дизайна и подбора материала. Неправильным распределением нагрузки между имплантом и опорной частью кости объясняются неудовлетворительные клинические результаты части операций. Не исключено, что боль в пояснице связана именно с неправильным механизмом передачи нагрузки, а не аномальный характер движений сегмента (нестабильность), который имеет место при дегенерации диска, приводит к боли. Если принять, что нарушение передачи нагрузки дегенеративно измененным диском - причина боли в пояснице, то лечение должно быть направлено на восстановление этой функции, и совсем не обязательно приводить к формированию спондилодеза. Например, динамические имплантаты, не создавая спондилодеза, восстанавливая функцию передачи нагрузки, ограничивая только патологическое направление смещения, могут давать хорошие клинические результаты без создания неподвижности в сегменте.

Про взаимосвязь нестабильности с клинической симптоматикой все же нужно говорить более осторожно: нестабильность потенциально может быть причиной боли в пояснице, особенно ротационная нестабильность [200]. На основании биомеханических исследований делается предположение, что, вероятно, не увеличенная амплитуда движений, а концентрация напряжений в задних отделах фиброзного кольца как следствие патологического паттерна движений в сегменте при дегенерации межпозвонкового диска является причиной боли в спине [289]. Следуя этой концепции, можно предположить, что ни ригидная фиксация, а перераспределение нагрузки в сегменте имплантатами других типов, например, динамическими, может стать решением для этой проблемы.

Frymoyer J et al, выделил несколько типов нестабильности: ротационную, трансляционную, ретролистез, постхирургическую [111]. Автор считает, что антиторсионную фиксацию фасеток нужно применять при ротационной нестабильности, межтеловую стабилизацию при трансляционной

нестабильности и при ретролистезе; однако, утверждения имеют характер рекомендаций, не доказанных в соответствующих исследованиях. Но идея дифференцированного подхода к методу стабилизации в зависимости от типа патологического движения, безусловно, рациональна.

В исследовании Spina N et al, имеющего II уровень доказательности, проведено изучение факторов, влияющих на определение хирургами нестабильности при дегенеративном спондилолистезе I степени, и были оценены предпочтения в лечении как стабильного, так и нестабильного дегенеративного спондилолистеза [245]. Были опрошены 226 хирургов. Наиболее распространенные значения отсечки для динамического (57%) и статического смещения (32%) составляли не менее 2-4 мм, а для угла наклона - не менее 10-15 градусов (43%). Угол наклона дугоотростчатого сустава от умеренного до чрезвычайно 69% хирургов сочли важным для определения нестабильности, высоту диска - 67% хирургов, возраст пациента - 64%, тяжесть стеноза - 55%, тяжесть боли в спине - 50%, нарушение функций тазовых органов - 47% и тяжесть нейрогенной хромоты - 42%. Декомпрессия со спондилодезом была предпочтительным методом лечения нестабильного дегенеративного спондилолистеза у 99% хирургов. При стабильном спондилолистезе 40% все равно выполняли бы ригидную фиксацию, а 60% предпочли бы обойтись только декомпрессией. Хирурги, которые предпочитали ригидную фиксацию при стабильном спондилолистезе, отмечали более низкие пороговые критерии по определению нестабильности как статической ($P < 0,001$), так и динамической трансляции ($P = 0,004$). Данный факт подтверждает отсутствие единых критериев оценки в хирургическом сообществе.

Симонович А.Е. с соавт. при обследовании 128 пациентов с дегенеративно-дистрофическими поражениями позвоночника выявили, что сегментарная гипермобильность преимущественно с сагиттальной трансляцией позвонка более 3 мм отмечалась у 54% пациентов старшей и 22% молодой

возрастной группы, но при этом гиперангуляция была примерно сопоставима на уровне 60% [39]. Это служило основанием, что у пациентов старшей возрастной группы необходимость использования стабилизации после декомпрессии значительно выше, ввиду имеющихся данных о нестабильном течении дегенеративного поражения позвоночно-двигательных сегментов. Существуют различные способы фиксации сегмента при наличии нестабильности, в основном их применение аргументируется степенью хирургической травмы, направленной на уменьшение послеоперационного болевого синдрома, экономической составляющей. Симонович А.Е. с соав. рекомендуют при определенных видах нестабильности использовать межостистую фиксацию [41]. Давыдов Е.А. с соавт. получили хорошие клинические результаты, применения межостистый дистрактор из нитинола с памятью формы [10]. Konovalov NA et al. в мультицентровом когортном исследовании с двухлетним периодом наблюдения оценили данные хирургического лечения 209 пациентов методом ригидной фиксации методом TLIF и DLIF в сочетании с транспедикулярной фиксацией с нейронавигационной ассистенцией. Авторами отмечено значимое улучшение [156]. Хорошие результаты, согласно критериям Kawabata, были получены у 89% пациентов с DLIF и 81% с TLIF. Бывальцев В.А. с соавт. оценили результаты хирургического лечения 90 пациентов с признаками сегментарной нестабильности методом TLIF в сочетании с транспедикулярной фиксацией и в сочетании с межостистой ригидной фиксацией [6]. Авторами выявлено преимущество последнего в виде меньшего числа послеоперационных осложнений при сопоставимых рентгенологических исходах. Но CN et al. в проспективном рандомизированном исследовании, включившем 88 пациентов с дегенеративным стенозом и сегментарной нестабильностью, оценивали результаты лечения методом заднего спондилодеза и спондилодеза 360°[128]. За 2-х летний период наблюдения отмечено, что пациенты с задним спондилодезом имели лучшие клинические результаты (боль в спине и ноге, качество жизни), большую коррекцию угла Кобба, большее восстановление

сагиттального выравнивания, несмотря на меньшую частоту формирования межтелового блока по сравнению со спондилодезом 360°.

Определенный интерес представляет работа Simmonds AM et al, в которой авторы на основании систематического обзора литературы сформировали типы нестабильности, основанные на ее различных критериях (таб 2) [241]. При типе I авторы рекомендуют проведение только декомпрессии, при типе II – декомпрессия и стабилизация задняя, при III типе - декомпрессия и стабилизация задняя и межтеловая. Это один из немногочисленных предложенных алгоритмизированных подходов, базирующийся на оценке критериев нестабильности, описанный в литературе, позволяющий стратифицировать хирургическую тактику.

Таб 2. Схема классификации сегментарной нестабильности: качественное руководство по предоперационной оценке.

Параметры	Тип I. Стабильный	Тип II. Потенциально нестабильный	Тип III, нестабильный
Боль в спине	Нет или очень слабая	Первичная жалоба на боль в спине	Первичная жалоба на боль в спине
рестабилитация	Признаки рестабилитации, сильно сниженная высота диска	Некоторые признаки рестабилитации, уменьшение высоты диска	Нет признаков рестабилитации, диск высокий или немного снижен
Трансляция, ангуляция	Лордотический угол в сегменте при сгибании, ROM < 3 мм	Нейтральный угол в сегменте при сгибании, ROM = 3-5 мм	Кифотизированный угол в сегменте при сгибании, ROM > 5 мм
Синовит дугоотросчатого сустава	Нет	Синовит без distraction суставной щели	Синовит с distraction суставной щели

1.4 Дегенеративные деформации позвоночника взрослых

1.4.1 Определение, современные классификационные системы.

Деформации позвоночника у взрослых включают в себя сложную группу патологий, которые охватывают широкий спектр рентгенологических паттернов с различными клиническими проявлениями. Распространенность деформаций трудно точно оценить, но имеются данные, что они достигают 60% у людей пожилого возраста [231, 7]. В отличие от подросткового идиопатического сколиоза, при котором рентгенологические данные имеют решающее значение в выборе хирургической тактики, у взрослых пациентов главным аспектом являются боль, неврологические проявления и связанное с этим качество жизни [70]. Как показано в исследованиях с высоким уровнем доказательности наиболее значимыми с клинической точки зрения при деформациях являются изменения в сагиттальной плоскости [233, 234]. Деформации позвоночника взрослых чаще ассоциируют со сколиозом взрослых. Общеизвестным является следующее определение – это деформация позвоночника у взрослого пациента со сформировавшимся скелетом с углом Cobb $> 10^\circ$ в коронарной плоскости [47]. Истинный дегенеративный сколиоз взрослых обусловлен ассиметричной дегенерацией межпозвонковых дисков и дугоотростчатых суставов вызывающей ротацию позвонков [47].

Клиническая значимость рентгенографических параметров при деформациях позвоночника взрослых подчеркивает необходимость в классификационных системах, которые бы отражали последовательную характеристику клинического объекта, основу для сравнения различных методов лечения и способ определения рекомендуемых методов лечения. Идеальная классификация должна включать простоту использования, группировку по клиническому воздействию и высокую степень надежности.

Одной из первых, была классификационная система, предложенная Simmons ED, выделившим два типа деформаций: дегенеративный сколиоз при отсутствии или минимальной вращательной деформации и дегенеративный

сколиоз с выраженным вращательным компонентом и уменьшенным поясничным лордозом [242]. Следующей в историческом порядке была классификация Aebi M., основанная на этиологическом аспекте, она же получили широкую известность [47]. Данная система включала три градации:

1 тип - первичный дегенеративный сколиоз, в основе которого лежит асимметричное поражение структур позвоночно-двигательного сегмента, которые проявляются болевым синдромом в спине, часто сопровождающийся клиническими признаками стеноза позвоночного канала (центрального, либо бокового стеноза). Этот тип часто именуется как сколиоз 'de novo'.

2 тип - идиопатический подростковый сколиоз грудного и/или поясничного отделов позвоночника, который прогрессирует во взрослой жизни и обычно сочетается со вторичной дегенерацией и/или дисбалансом.

3 тип - Вторичные сколиоз у взрослых: А – вызван аномалиями позвоночника и таза; В - при метаболических заболеваниях костей (в основном остеопороза) в сочетании с асимметричным артритом и / или переломами позвонков.

Далее в 2012 году Schwab F совместно SRS (Scoliosis Research Society) представили новую классификацию, основанную на количественной оценке параметров, характеризующих пространственное положение позвоночника (приложение 3) [234]. В ней определены 4 типа изменений во фронтальной плоскости, а также представлены сагиттальные модификаторы, которые имеют значимую корреляционную связь с клиническими проявлениями.

Еще одна известная классификационная система была представлена научному сообществу в 2013 году итальянскими хирургам Berjano P и Lamartina C. [69]. Она включает 4 типа деформаций позвоночника, критериями которых являются определенные клинико-рентгенологические характеристики. Особенностью данной системы является то, что авторы определили стратегию для каждого типа от минимальных, в виде адресной декомпрессии, до протяженных декомпрессивно-стабилизирующих корригирующих вмешательств, включающих современные хирургические технологии.

Однако, в настоящее время ни одна из существующих классификаций деформаций позвоночника взрослых не может считаться эталонной. К примеру, в них не учитываются возрастные особенности, при которых имеются специфические значения целевых показателей, которые необходимо достигать в ходе планирования и осуществления хирургического вмешательства. Это свидетельствует об отсутствии стандартизированных подходов при лечении пациентов с деформациями позвоночника взрослых.

1.4.2 Сагиттальный баланс: оценочные категории и клиническая значимость у взрослых пациентов с деформациями позвоночника

Сагиттальный баланс - это «идеальное» и «нормальное» положение позвоночника в сагиттальной плоскости, обусловленное взаимодействием различных органических факторов. Любая патология, которая изменяет это равновесие, провоцирует развитие сагиттального дисбаланса и его компенсаторные механизмы. В результате изменения в этой плоскости не ограничивается только деформацией позвоночника у взрослых. Конечно, сагиттальный дисбаланс не является единственным показанием к хирургическому вмешательству. Однако, его учет является очень важным с точки зрения клинического исхода. На сегодняшний день оценка параметров сагиттального баланса становится стандартной практикой в клинических учреждениях, занимающихся хирургией позвоночника. Важно сказать, что эта концепция достаточно нова, поэтому принципы его оценки и формулы описания постоянно уточняются. Накоплен большой статистический материал, на основе которого выделено множество корреляций, формул и коэффициентов, но окончательных выводов и стандартов не определено.

Региональные искривления позвоночника оцениваются количественно с использованием метода Кобба, который был впервые предложен Джоном Робертом Коббом в 1948 году. Данный метод позволяет оценить максимальные искривления путем измерения угла между двумя замыкательными пластинками для конкретного региона позвоночника [219].

Таз является краеугольным камнем сагиттального профиля позвоночника. Революционная концепция Dubousset о том, что “весь таз представляет собой позвонок”, вызвала многочисленные исследования взаимосвязи между морфологией таза и сагиттальным выравниванием позвоночника. В работе Duval-Beaupère G были определены три геометрически взаимосвязанных параметра таза: угол наклона таза (PI), отклонение таза (PT) и наклон крестца (SS), где $PI = PT + SS$ [69].

Из-за ограниченной подвижности крестцово-подвздошного сустава угол наклона таза (PI) является фиксированным анатомическим параметром. Отклонение таза (PT) количественно определяет вращение таза вокруг головок бедренных костей, что является установленным компенсаторным механизмом против положительного смещения позвоночника [102].

Наклон крестца создает основу для поясничного лордоза (LL). Однако, SS зависит от изменений в сагиттальной плоскости. Этот параметр не подходит для планирования хирургической коррекции. PI является морфологическим параметром, уникальным для каждого человека, который имеет сильную положительную корреляцию с LL [260]. В связи с этим был сформирован новый параметр, связывающий PI с LL, который имеет важное значение при хирургическом планировании. Этот параметр PI-LL. С помощью него количественно определяется несоответствие между морфологией таза и поясничным лордозом. Его пороговое значение было определено как $PI-LL < 10^\circ$ и идентифицировано как цель при коррекции сагиттального профиля позвоночника. В то время как многочисленные исследования подтвердили валидность параметра PI-LL [102], упрощение проблемы до уникального соответствия между PI и LL является чрезмерным. К тому же у пациентов с низким или очень высоким значениями PI данная формула имеет низкую точность при расчете LL [166]. В своей работе Le Huec JC и Hasegawa K. представили формулу расчета поясничного лордоза с учетом возраста, который является одной из важных точек приложения в хирургии позвоночника [164]:

$$LL (L1-S1) = 31.1 - 0.15 \times \text{возраст} + 0.58 \times PI.$$

Она подчеркивает важность искусственного сопоставления различных параметров, чтобы определить более точную картину сагиттального профиля [102]. Применение этой формулы, а также формулы для определения соответствующего значения РТ ($РТ = 0,44 \times PI - 11,4^\circ$) обеспечивает возможность расчета целевых показателей позвоночно-тазового баланса, зависящих от константного параметра PI [164].

Если общий поясничный лордоз разделить горизонтальной линией, проходящей через его вершину, на две части, то верхняя составляющая будет составлять около $\frac{1}{4}$ LL, а нижняя $\frac{3}{4}$ LL. Согласно работам Le Huec JC, нижне-поясничный L4-S1 составляет 66% от обще-поясничного лордоза, поэтому при его восстановлении значимыми являются именно нижние сегменты [164].

В проспективном исследовании по изучению параметров позвоночно-тазового баланса в бессимптомной популяции людей Roussouly P et al, были определены 4 типа позвоночно-тазовых взаимоотношений [220]. Основываясь на них, Pizones J et al выявили, что нижне-поясничный лордоз при разных вариантах имеет разное процентное отношение от общего поясничного лордоза [211]. Авторы ввели такое понятие как индекс распределения поясничного лордоза – это отношение нижне-поясничного лордоза к общему поясничному лордозу (LDI – lumbar distribution index). При 1 и 2 типе он составляет 80-90%, при 3 типе – 70%, при 4 типе – 60%. Данное уточнение является достаточно важным при расчете целевых показателей достижения гармоничного сагиттального профиля на дооперационном этапе.

Немаловажным с позиции оценки сагиттального профиля позвоночника играет анализ грудного кифоза. Хотя этот параметр скорее важен при лечении пациентов с иными деформациями позвоночника, чем дегенеративного генеза. Согласно данным исследования Le Huec JC было установлено теоретическое значение общего грудного кифоза, которое определяется

величиной поясничного лордоза. Оно рассчитывается по формуле: $TK = 0,75 \times LL (L1-S1)$ [164].

Не только регионарный, но и глобальный сагиттальный баланс имеет жизненно важное значение для клинической оценки и хирургического исхода, чтобы свести к минимуму такие осложнения, как патология смежного сегмента, псевдоартроз, сагиттальный дисбаланс и прогрессирующая деформация. Согласно мета-анализу 76 статей, Azimi P et al были определены наиболее часто применяемые параметры [56], которые включали GT (Global tilt), spinosacral angle (SSA), sagittal vertical axis (SVA), Barrey index, Full Balance Index (FBI)

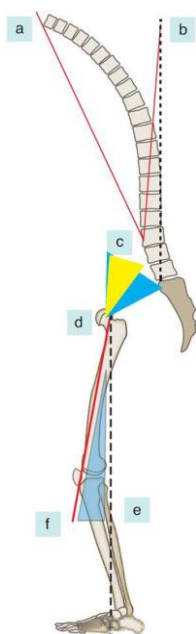
Чаще всего глобальный сагиттальный баланс определяется количественно путем измерения сагиттальной вертикальной оси (SVA) [102]. SVA дает представление об общем положении туловища и находится в прямой зависимости от поясничного лордоза. Определено, что SVA коррелирует с качеством жизни. В исследовании Scwhab et al на проспективной группе пациентов с деформациями позвоночника взрослых, установлено пороговое значение для тяжести недееспособности ($ODI > 40$) в 47 мм. Однако, этот параметр вариабелен и определяется возрастными характеристиками пациентов [102]. Так же ряд исследователей указывает на некоторые недостатки SVA. К примеру, у пациентов с большим PI значение параметра в среднем будет выше, чем при малом PI. Это обусловлено разностью переднезаднего размера таза у данных пациентов. Поэтому интерпретация между разными когортами пациентов должна проводиться с осторожностью [61].

Позвоночно-крестцовый угол или SSA (Spino-sacral angle) определяется углом между линией проведенной через середину тела C7 позвонка в середину замыкательной пластинки S1 позвонка и линией проведенной через плоскость замыкательной пластинки S1 позвонка [164]. Его нормальное значение составляет $135^\circ \pm 8^\circ$. Этот параметр общего равновесия, потому что он объединяет положение C7 с параметром таза: наклоном крестца. Он не объединяет шейный отдел позвоночника и голову.

Следующим параметром, характеризующим глобальный баланс позвоночника, является IB (index Barrey). Он представляет собой отношение линии отвеса C7 к крестцово-бедренному расстоянию (C7 plumb line/sacrofemoral distance – C7/SFD) [62]. Данный параметр позиционируется как альтернатива SVA, с меньшим числом недостатков. Он применим ко всем рентгенограммам, а также учитывает положение головок бедренных костей и, следовательно, некоторую толщину таза, которая изменяется в зависимости от угла PI [62]. IB равен 0, когда линия отвеса C7 проецируется точно на задне-верхний угол крестца, и равно 1, когда она проецируется на бикоксофеморальную ось. Он больше 1, когда отвесная линия C7 выступает перед головками бедренных костей, и отрицательное, когда последняя выступает за крестец (нормальное значение – $0,9 \pm 1$). Он не объединяет шейный отдел позвоночника и голову.

Глобальный наклон (GT- Global tilt) угол, образованный пересечением двух линий: первая линия проведена от центра C7 до центра до центра замыкательной пластики S1 позвонка, а вторая линия проведена от центра головок бедренных костей до центра замыкательной пластики S1 позвонка [199]. Данный параметр не зависит от положения тела, в отличие от SVA, что является важным при планировании хирургического вмешательства. Его высчитывают по формуле $GT=0.48PI-15$. Для нормально сбалансированных пациентов GT приближается к значению PT. Если возникает сагиттальный дисбаланс, GT повышается из-за ретроверсии таза (повышение PT) (коэффициент корреляции $r = 0,914$) [58]. Boissière L et al, основываясь на данных анализа 755 пациентов, выявили значимую корреляцию GT с качеством жизни (ODI) ($r= 0.4$) [71].

FBI (Full Balance Index) оценивает степень коррекции, которая должна быть выполнена пациентам с дисбалансом позвоночника [165]. Методика FBI основана на общем анализе сагиттального баланса, включая положение нижней конечности (рис 3).



$$FBI = C7TA + FOA + PTCA.$$

Рис. 3. Методика измерения параметров FBI.

Сумма этих трех измерений дает величину коррекции сагиттального угла, необходимую для восстановления баланса, адаптированного к пациенту. Однако, этот метод также может быть использован для анализа общего баланса. Его среднее значение у бессимптомных людей составляет менее 5° и может быть отрицательным [165].

В 2017 году Yilgor C et al представили новый комплексный метод оценки нарушения сагиттального профиля - Global Alignment and Proportion (GAP) [284]. Концепция GAP представляет собой инструмент прогнозирования механических осложнений после коррекции деформаций, что отличает ее от системы SRS-Schwab [120]. Расчеты индивидуализируются исходя из данных константного параметра PI. Оценка GAP состоит из анализа пяти факторов: положение таза (Relative pelvic Version), поясничный лордоз (Relative Lumbar Lordosis), индекс распределения лордоза (Lordosis Distribution Index), глобальное позвоночно-тазовое отношение (Relative Spinopelvic Alignment) и возраст (приложение 4). Оценка этих параметров позволяет выделить

пропорциональный, умеренно диспропорциональный и грубо диспропорциональный глобальный баланс[284].

Ряд исследований продемонстрировали полезность этого показателя для определения хирургической цели [120, 159, 59]. Nam DW et al выявили, что дискриминационная способность оценки GAP для прогнозирования механических осложнений была “умеренно точной” с AUC 0,839 (доверительный интервал [ДИ] 0,755–0,824, $p < 0,001$). Оценка GAP показала статистически значимую связь с механическими осложнениями при одномерном логистическом регрессионном анализе, хотя не было выявлено значимой связи с ревизионными вмешательствами [120].

Сагиттальный баланс позвоночника - это важная часть хирургической вертебрологии. Его нужно оценивать не только в статическом стандартном положении стоя, но также и во время ходьбы, что может дать важную информацию о возможных иных нагрузках на костно-связочные структуры. Анализ параметров позвоночника и таза, которые имеют значимую связь с качеством жизни, помогают определить хирургическую стратегию [20]. Это очень полезно не только при предоперационном планировании, но позволяет нам также понять, что произошло биомеханически неправильно после операции. Сагиттальный баланс должен быть тщательно рассмотрен перед любой операцией, короткосегментарной или протяженной, и особенно на поясничном уровне, где наиболее важным является восстановление лордоза на L4-S1.

1.4.3 Хирургические возможности и тактика при лечении пациентов с дегенеративными деформациями позвоночника

При истинно дегенеративных деформациях поясничного отдела позвоночника главенствующую роль в клинических проявлениях играют нарушения в сагиттальной плоскости [233]. В дополнение к декомпрессии, инструментализации, спондилодезу, современные хирургические тренды связаны с необходимостью коррекции на сегментарном, регионарном или

глобальном уровнях для достижения гармоничных взаимоотношений преимущественно в сагиттальной плоскости. Целевые показатели, к которым необходимо стремиться при коррекции являются, были представлены в ряде крупных исследований [233, 165, 61, 220, 232, 101]. Традиционно для коррекции деформаций используются либо задние укорачивающие остеотомии, либо так называемые корригирующий спондилодезы, либо их комбинации [221, 230]. Одной из общепризнанных классификаций укорачивающих остеотомий, которая объединила их различные варианты, была представлена Frank Schwab et al в 2014 г [230]. Классификация основана на степени резекции опорных колонн позвоночника, осуществляемых из дорзального доступа, варьирующих от простого удаления нижнесуставных отростков до резекции педикулов и тел позвонков на 1 и более уровнях [230].

Малоинвазивные хирургические вмешательства в виде переднебокового поясничного межтелового спондилодеза (LLIF или OLIF) приобрели значительную популярность в последнее десятилетие. Первоначально применявшаяся при дегенеративных заболеваниях позвоночника с целью не прямой декомпрессии и создания условий для сращения позвонков, эта методика стала все более применяться как хороший инструмент для коррекции при лечении пациентов с деформациями позвоночника у взрослых. В недавнем прошлом данные процедуры претерпели определенную трансформацию под нужды коррекции за счет расклинивания передней опорной колонны. Переднебоковой спондилодез дополнен релизом передней продольной связки, что позволяет делать широкую клиновидную дистракцию межтелового промежутка, а по корригирующим возможностям эта технология не уступает задним трехколонным остеотомиям, особенно при использовании гиперлордотических кейждей [230, 197]. Данная технология в иностранной литературе приняла аббревиатуру ACR (Anterior Column Realignment).

В 2018 году Uribe JS et al представили комплексную классификацию, предоставляющую для хирургов справочную информацию для достижения

желаемого лордоза с различной степенью релиза передней колонны позвоночника и остеотомий позвоночного столба (рис 4) [258]. Внутриэкспертная надежность данной классификации была оценена как почти отличная ($K=0,98$ (95% ДИ 0,96–0,99)), при этом межэкспертная надежность так же была почти отличная ($K=0,98$ (95% ДИ 0,97–0,99)).

ACR Classification	Construct	Schwab Modifier	Approach Modifier
Grade A		 0	Lateral or Anterior
Grade 1		 1	Lateral or Anterior or Posterior
Grade 2		 2	
Grade 3		 3	
Grade 4		 4	
Grade 5		 5	

Рис.4. Классификации Uribe JS.

По сравнению с открытыми хирургическими методами минимальноинвазивные при дегенеративных заболеваниях позвоночника продемонстрировали меньшую кровопотерю, продолжительность госпитализации, риск инфицирования, а также сохранение паравертебральной мускулатуры [283, 154]. Однако, раньше применение MIS технологий при деформациях позвоночника было ограничено из-за неадекватного восстановления сагиттального профиля [93, 121]. Первоначальные попытки применения стратегий MIS были нацелены только на пациентов с умеренными деформациями позвоночника, включая низкий PT и низкий PI [53]. С момента начала применения ACR, многочисленные исследования продемонстрировали расширение возможностей методов MIS для успешного лечения пациентов с умеренными и тяжелыми деформациями позвоночника у взрослых с отличной коррекцией SVA и PI-LL, особенно при использовании гиперлордотических

кейджей [53, 54, 257]. Дальнейшее изучение восстановления сегментарного лордоза показало, что комбинация ACR и различных типов остеотомий позволило обеспечить большую коррекцию сегментарного лордоза, восстановление регионального и глобального сагиттального профиля [257]. В работе Leveque JC et al выявлено, что поясничный лордоз после PSO в среднем увеличился на 35° , против 31° в группе ACR ($p > 0,05$), PI-LL уменьшился до $10,7^\circ$ и $10,2^\circ$ соответственно (достоверность отличий между группами $p > 0,05$) [171]. M. Mundis в аналогичном исследовании так же не выявил разницы между группами по корригирующим возможностям [197]. Поясничный лордоз увеличился на $29,5^\circ$ в группе ACR и на $25,4^\circ$ в группе PSO ($p = 0,52$), PI-LL уменьшен на $29,6^\circ$ против $24,9^\circ$ соответственно ($p = 0,41$).

Несмотря на преимущества подходов MIS, существует ряд ограничений, которые необходимо учитывать. Во-первых, методы MIS могут быть сложными для применения теми, кто обучался с использованием открытых методов или преимущественно использует их в текущей практике. Более узкие коридоры с ограниченной визуализацией, меньшее рабочее пространство для использования инструментов, проблемы с освещением, все это может быть ограничивающими факторами. Во-вторых, MIS сильно зависит от таких технологий, как компьютерная навигация и сложные контрольно-измерительные системы, которые могут выйти из строя в любой момент и потребуются переход на открытый доступ, что должно быть тщательно обсуждено с пациентами до операции. В-третьих, такие осложнения как псевдоартроз и миграция имплантатов, чаще встречаются у пациентов после применения MIS технологий [106]. Поэтому тщательная селекция пациентов и понимание того, какие деформации могут быть адекватно корригированы с помощью минимально инвазивных методов, имеет первостепенное значение для оптимальных результатов.

Hamilton et al сравнили результаты полностью MIS и открытого вмешательства по поводу деформаций позвоночника с минимальным 2-летним

периодом наблюдения [106]. Они обнаружили, что частота повторных операций была одинаковой в обеих группах (11% и 12% соответственно), при этом у 7,9% пациентов в группе MIS развился псевдоартроз. Коррекция показателей SVA и PI-LL также была скромной для группы MIS по сравнению с когортой открытой хирургии. Eastlack RK et al установили, что частота повторных операций, используя MIS, при 2-х летнем наблюдении составила 27,9%, при этом наиболее распространенными показаниями были псевдоартроз, несостоятельность фиксации и переходный кифоз [106]. Авторы заключили, что эти осложнения возникают отчасти из-за неспособности адекватно обнажить задние костные элементы, что исключает возможность декортикации и адекватную укладку аутооттрансплантата.

Одним из первых алгоритмов (MISDEF), определяющих место минимальноинвазивным технологиям при лечении пациентов с деформациями позвоночника, был представлен Mummaneni PV et al в 2014 [195]. Он предполагал деление пациентов на три класса, согласно различным рентгенологическим характеристикам параметров сагиттального баланса. Пациентов I и II классов можно было бы лечить с помощью MIS декомпрессии и/или межтелового спондилодеза. Класс III предполагал более тяжелые деформации, которые нельзя было оптимально корригировать с помощью MIS подходов, что требовало открытого вмешательства с остеотомиями и возможным включением в зону инструментации грудного отдела позвоночника. По мере развития методов и инструментария MIS, его возможности значительно расширились. Этому способствовало внедрение методики ACR, появление гиперлордотических кейджей, возможность проводить мини-PSO [262, 230, 197]. Учитывая эти достижения, были внесены изменения в исходный алгоритм, что привело к разработке алгоритма MISDEF-2 [194]. Наиболее значительным изменением в этом алгоритме было включение модифицированного класса III, в котором пациентов с тяжелыми и жесткими деформациями можно было оперировать с помощью MIS с ACR,

гиперлордотическими кейджами, мини-PSO и гибридным подходами. В новый класс IV были включены пациенты, которым требовалась открытая операция из-за более протяженной фиксации (> 5 уровней, включая L5-S1, или >10 уровней) или предыдущей многоуровневой инструментализации.

При необходимости использования комбинации методик, ряд хирургов предпочитают делить лечение на этапы, выполняемые в разные периоды времени. Аргументом к такой тактике служит снижение одномоментной хирургической травмы, кровопотери, рисков длительного анестезиологического обеспечения. При этом доказано, что время хирургического вмешательства является независимым фактором риска периоперационных осложнений [148]. Однако, работы последних лет указывают на противоречивость относительно превосходства многомоментного подхода над одномоментным [208, 177].

Имеются немногочисленные работы, где представлены сравнительные результаты коррекции деформаций позвоночника взрослых при много- и одномоментных подходах [55, 208, 240]. Passias P.G. et all при ретроспективном анализе данных 142 пациентов, baseline которых был сопоставлен при помощи метода PSM, не нашли разницы между группами по 6 оцениваемым параметрам сагиттального баланса через 6, 12 и 24 мес [207]. В работе Arzeno A.H. et all выявлена большая коррекция дисбаланса в группе этапного лечения [55]. Они объяснили этот факт большим количеством выполненных остеотомий у данных пациентов. В работе вышеупомянутой группы авторов (Arzeno A.H. et all), сравнивающей результаты этапного и симультанного хирургического вмешательства отмечено значимое и аналогичное между группами улучшение качества жизни и увеличение степени функциональной адаптации пациентов после 24 мес, оцененных по шкалам ODI, SF-36 PCS, SF-36 MCS и SRS Total scores ($p>0,05$) [55].

Maddox J.J. et all оценили результаты хирургического лечения 2-х когорт пациентов этапного ($n=52$) и неэтапного ($n=90$), оперированных только из

дорзального доступа [177]. Они выявили большую кровопотерю (4269 мл против 3405 мл) и в этой связи более частую потребность в гемотрансфузии в группе этапного лечения, большую продолжительность пребывания пациентов ОРИТ (3,1 против 2,2 сут.). Однако общее количество периоперационных осложнений, продолжительность госпитализации достоверно между группами не различались. Passias PG et al провел ретроспективное исследование с подбором однородных групп пациентов (по 71 пациенту в каждой группе), используя метод PSM, оперированных комбинацией хирургических методов из разных доступов (вентральный, дорзальный) [207]. В группе этапного хирургического лечения отмечена большая продолжительность операции (679,8 мин против 378,0 мин, $p < 0.001$) и длительность госпитализации (19,0 дней против 7,2 дней, $p < 0.001$). Интраоперационная кровопотеря, частота больших и малых осложнений не различались в группах. Однако, проводя оценку частоты периоперационных осложнений в зависимости от интервала между этапами (1-3 дня против 4-30 дней), выявили их большее количество при проведении 2-го этапа операции позднее 4 дней (44% против 17%, $p = 0,011$).

Таким образом, на сегодняшний день хирургические возможности при лечении пациентов с дегенеративными деформациями позвоночника значительно увеличились за счет внедрения не только современных техник и технологий, но и их рационального использования. Все это достигается благодаря нарастающему количеству и повышению качества проводимых исследований. При этом остается ряд дискуссионных вопросов касательно определения критериев для проведения много- и одномоментного подхода при использовании комбинации хирургических методик, их применения при ревизионных вмешательствах.

1.4.4 Механические осложнения и факторы риска их развития при хирургическом лечении взрослых пациентов с дегенеративными деформациями позвоночника

Механические осложнения при лечении пациентов с деформациями позвоночника взрослых являются наиболее часто регистрируемой проблемой. Они включают в себя неблагоприятные события, возникающие с переходными зонами (PJK, PJF, DJK, DJF), переломы металлоконструкции, мальпозиции имплантатов, псевдоартрозы, которые могут достигать 10-78% [198, 60]. На долю последних приходится почти 25% всех ревизионных вмешательств [180]. Псевдоартроз в хирургии позвоночника обычно описывается как любая форма несращения. К биомеханическим факторам, играющим важную роль в развитии псевдоартроза, относятся, например, пояснично-крестцовый переход, который предрасполагает к несращению из-за высоких усилий сдвига [65]. В хирургии деформаций позвоночника у взрослых литература последовательно демонстрирует важность нормализации сагиттального профиля для предотвращения механических осложнений [284].

Merrill RK et al наблюдали, что пациентов с деформациями позвоночника, которым применялись конструкции с двумя стержнями, имели большую частоту пояснично-крестцового псевдоартроза, чем при использовании многостержневых конструкций [187]. В исследовании, проведенном Charosky S et al, проанализирована биомеханическая стабильность после PSO и определено, что поддержка вентральной колонны ниже остеотомии позволяет значительно снизить нагрузку на стержни [84]. В мета-анализе 162 статей посвященном исследованию распространенности заболеваемости, этиологии, факторам риска и общим признакам псевдоартроза после протяженных фиксаций по поводу деформаций позвоночника, выявлено, что основными факторами риска, повышающими вероятность повторной операции по поводу псевдоартроза, являются протяженная фиксация более 12 сегментов, грудопоясничный кифоз более 20° и фиксация к крестцу [130].

Еще одним наиболее частым осложнением в корригирующих операций при деформациях позвоночника взрослых являются проблемы с переходной зоной, самой распространенной из которых явления проксимальный переходный кифоз (proximal junctional kyphosis (PJK)) [280]. PJK - сагиттальный угол Кобба между нижней замыкательной пластинкой самого верхнего инструментализированного позвонка (UIV) и верхней замыкательной пластинкой второго выше фиксации позвонков (UIV-2), который составляет $>10^\circ$ в сравнении с предоперационными данными [89]. Сообщается, что частота PJK составляет от 10 до 40% [175]. PJK может привести к неудовлетворительным рентгенологическим и клиническим результатам и потребовать ревизионной операции, и это имеет также влияние на удовлетворенность хирургическим вмешательством. Многие хирургические переменные рассматриваются как факторы риска PJK. К ним относятся факторы, связанные с доступом (разрушение задних мягких тканей, комбинированный передний и задний доступ), жесткость конструкции (использование винтовых конструкций, фиксация с крестцом и тазом) [150]. Использование крючков или динамических переходов в проксимальной зоне металлофиксации может эффективно снизить частоту PJK по сравнению с тотальной транспедикулярной фиксацией [149, 5]. Включение таза и крестца в зону фиксации также в значительной степени увеличивает частоту PJK, что подтверждается рядом исследований [74]. Bridwell KN et al, анализируя данные хирургического лечения 90 пациентов, выявили, что $PJK \geq 20^\circ$ имел значительную связь при включении в зоне спондилодеза крестца и таза подвздошными винтами ($P < 0,029$) [74].

В мета-анализе, проведенном Zou L et al было обнаружено, что дооперационный сагиттальный профиль в значительной степени был связан с риском PJK. К неблагоприятным сагиттальным факторам относились меньший предоперационный LL, больший PT, меньший LL-ТК, больший PI-LL, больший SVA. Таким образом, восстановление сагиттального профиля является важной задачей при хирургическом лечении пациентов с деформациями позвоночника.

Однако, также необходимо обращать внимание на чрезмерную коррекцию. Басанкин И.В. с соавт., проанализировав результаты хирургического лечения 382 пациентов со сколиотическими деформациями поясничного отдела позвоночника типов I и IIIb по Aebi. Они выявили, что значимыми факторами риска возникновения РЖК является коррекция поясничного лордоза $>30^\circ$, проксимальный переходный угол $\geq 10^\circ$ и SVA >50 мм [4].

Важным аспектом при хирургических вмешательствах по поводу деформаций позвоночника является гармоничное восстановление сагиттального профиля. В этой связи интерес представляет исследование Pizones J et al, которые проанализировали связь между восстановлением идеального типа Roussouly и механическими осложнениями (РЖК, псевдоартроз, расшатывание транспедикулярных винтов) у пациентов, оперированных по поводу деформаций позвоночника [211]. При этом важно отметить, что тип Roussouly в условиях измененного сагиттального баланса, когда SS не может быть адекватным инструментом для его определения, рассчитывался косвенно исходя из значений константного параметра PI. Авторами отмечено, что 72% пациентов с механическими осложнениями имели невосстановленные значения параметров поясничного лордоза, соответствующие типу Roussouly, и только 15% с восстановленным идеальным типом. В исследовании показано, что у пациентов с гиперкоррекцией частота развития осложнений была даже больше, чем с недостаточной коррекцией (77,4% против 58,3% соответственно). При проведении многофакторного регрессионного анализа было определено, что наряду с возрастом (OR = 1.1; 95%CI = 1.02–1.16; $P = 0.004$) и крестцово-тазовой фиксацией (OR = 19.4; 95%CI = 2.6–142.5; $P = 0.004$) невосстановленный тип Roussouly (OR = 41.9; 95%CI = 5.5–315.7; $P < 0.001$) являются предиктором развития механических осложнений.

Наряду с проблемами переходных зон и псевдоартроза наиболее частыми имплант-связанными осложнениями являются переломы стержней [65]. Частота развития данного неблагоприятного явления достигает 9%, а после

применения PSO 22% [243, 60, 30]. Трехколонная остеотомия определяется рядом исследований как значимый фактор по возникновению переломов стержней [243, 95, 30]. В мета-анализе, проведенном Noh SH et al, PSO являлось значимым фактором риска данного осложнения (OR 2,28; 95% ДИ 1,62–3,19; $p < 0,0001$), при этом протяженность фиксации не была определена в качестве предиктора (WMD, 1,01; 95% ДИ, от -2,70 до 4,72; $p = 0,59$). Среди факторов, связанных с хирургической техникой, межтеловой спондилодез, поперечная сцепка, фиксация с тазом и хирургический доступ не имеют значимой связи с развитием перелома стержней [198]. Что касается диаметра стержня, то по совокупности ряда исследований по сравнению стержней с диаметром 5,5 мм, 6,0 мм и 6,35 мм не выявлено статистически значимого превосходства более толстых стержней [243, 95, 169]. Такие же данные касаются и сравнительного анализа материала, из которого они изготовлены (кобальт-хром, нержавеющая сталь и титановый сплав) [243, 95, 169]. Единственным, с точки зрения возможного усиления механической надежности конструкции, является увеличение количества стержней на наиболее нагружаемую зону. Gupta S et al рекомендовали метод с 4 стержнями в зоне проведения PSO [119]. Частота переломов стержней составила 25% при использовании 2 стержней и 0% при использовании 4 стержней ($P = 0,008$), а частота псевдоартрозов 25% против 3,4% ($P = 0,035$) соответственно. Преимущество метода с 4 стержнями заключается еще и в том, что не требуется резкого сгибания стержня в месте PSO. Аналогичные данные получены Колесовым С.В. с соавт. при лечении 47 пациентов с деформациями позвоночника [30].

Однако, принципиальный подход в снижении частоты данных осложнений заключается не в усилении погружаемой конструкции, а в создании условий, при которых она будет испытывать меньшую нагрузку. Среди радиологических факторов статистически значимым в развитии переломов стержней являются декомпенсированные показатели сагиттального профиля позвоночника. В мета-анализе Noh SH et al были определены факторы риска: большие значения дооперационного PT (WMD, 6.17; 95% ДИ, 3,55–8,97;

$p < 0,00001$) и больший предоперационный ТК (WMD, 5,19; 95% ДИ 1,41–8,98; $p = 0,007$) [198]. При этом по их данным дооперационная SVA, ее изменения после операции и PI–LL не были значимыми факторами. Pizones J et al при оценке результатов хирургического лечения пациентов деформациями позвоночника взрослых, включавшем выполнение PSO, отметили значимость в развитие подобного рода осложнений таких параметров дооперационный и послеоперационный GT ($p = 0.000$ и $p = 0.018$ соответственно), восстановленность тип Roussouly и передней точки поясничного лордоза ($p = 0.000$ и $p = 0.036$ соответственно) [212].

Исходя из вышепредставленного, механические осложнения после хирургического лечения взрослых пациентов с деформациями позвоночника представляют значимую проблему, а исследования в направлении выявления значимых факторов риска и путей решения по их уменьшению являются крайне актуальными. Одним из важных аспектов, позволяющих адекватно оказывать хирургическую помощь, является всесторонняя оценка баланса позвоночника, позволяющая выявить значимые факторы, оказывающие влияние на результаты. Позвоночно-тазовый и глобальный баланс является точкой приложения в отношении создания условий для минимальной нагрузки на имплантируемые конструкции и смежные уровни, с целью уменьшения частоты подобного рода осложнений, тем более что хирургические техники и технологии позволяют добиваться максимальных успехов по их восстановлению.

1.5 Повторные хирургические вмешательства при дегенеративных поражениях позвоночника

1.5.1 Распространенность и социально-экономические аспекты ревизионных хирургических вмешательств на позвоночнике у пациентов с дегенеративно-дистрофическими поражениями

Учитывая значимый рост хирургических вмешательств на позвоночнике, что объясняется улучшением диагностики, анестезиологического обеспечения и совершенствованием хирургического инструментария, при условии отсутствия единых стандартизированных подходов к их оказанию, значительно увеличивается и количество повторных операций [172]. Пациенты нуждаются в реоперации по причине рецидива болевого синдрома, обусловленного повторным образованием грыж межпозвонковых дисков, рестенозированием позвоночного канала, несостоятельности металлофиксации, имплант-связанных осложнений, прогрессирующей дегенерации на ранее оперированном или смежных уровнях и другого [214].

Частота ревизионных вмешательств у взрослых пациентов с может достигать 58% [217]. Lewin AM et all, оценивая данные хирургического лечения 9343 пациентов с минимум 2-х летним периодом наблюдения, выявили, что после декомпрессивно-стабилизирующих хирургических вмешательств частота ревизий достигала 18%, при этом их количество составило от 1 до 5, а после декомпрессивных 20% (от 1 до 4 операции на одного пациента) [172]. Афаунов с соавт. (2013) в своей работе показал, что среди 308 пациентов, оперированных с использованием декомпрессивно-стабилизирующих методик, по поводу дегенеративных процессов, частота ревизионных операций, проведенных по разным причинам, прогрессивно возрастает в зависимости от количества уровней фиксации. Так, при 1-уровневом декомпрессивно-стабилизирующем вмешательстве на поясничном отделе позвоночника общая частота ревизионных вмешательств в отдаленном периоде (12-24 мес) составляет

1,22%, при 2-уровневом – (6,86%), 3 уровня – 13,63%, 4 уровня – 88,9%, 5 и более уровней – 100% [3].

Klimov V et all определили совокупный показатель реопераций за 5 лет в 15,2%, а индекс повторных операций - 12,1% после различного вида миниинвазивных хирургических вмешательств на поясничном отделе позвоночника [154]. Irmola TM et all, изучив данные хирургического лечения методом спондилодеза 433 пациентов с дегенеративным спондилолистезом и стенозом позвоночного канала на поясничном отделе позвоночника, указали на то, что в 12,5% случаях в течении 2 лет и в 19,3% в течении 4 лет требовалась реоперация [139]. Основными причинами в первые два года были острые периоперационные состояния и имплант-связанные осложнения, в следующие года – патология смежного сегмента (8.7%). В исследовании Puvanesarajah V et all, в котором первичное хирургическое вмешательство осуществлялось по поводу дегенеративной патологии на одном или двух уровнях, была выявлена частота реопераций в 30-ти, 90-то дневный и через 12 мес период на уровне 2,9%, 5,3%, и 12,5% соответственно [139]. Ilyas H et all в обзоре литературы, анализирующей исследование Spine Patient Outcomes Related Trial (SPORT) при лечении пациентов с дегенеративным спондилолистезом и стенозом позвоночного канала, отметили частоту реопераций на уровне 22% за 8 лет наблюдения, включавшие вмешательства на ранее оперированном или смежном уровнях [135]. В общей сложности 54% этих операций выполнены в течение первых 2 лет, 45% ревизионных вмешательств были вызваны поздними неблагоприятными последствиями, включая рестенозирование или прогрессирование спондилолистеза, а 36% были вызваны острыми местными раневыми осложнениями, включающими инфекцию, расхождение краев раны и гематомы. Аналогичным образом, повторные операции составили 13% и 18% через 4 и 8 лет. Частота интраоперационной дуротомии отмечена в 10,5% случаях.

Что касается наиболее частой причины хирургического лечения пациентов трудоспособного возраста - грыж поясничных межпозвонковых

дисков, данные литературы указывают на большой диапазон реопераций после микродискэктомии - от 2 до 38 % [1]. В исследовании SPORT, посвященном отдаленным результатам хирургического лечения пациентов с поясничными межпозвонковыми грыжами, на 810 клинических случаях выявлена 15% частота реопераций, основной причиной которых был ее рецидив, а в 38% случаях иные причины. Около 38% повторных вмешательств выполнены в первый год после первичной операции.

В настоящее время показатели успеха повторных операций у пожилых людей сильно варьируются. Интересно, что частота осложнений при первичной и ревизионной операциях на позвоночнике существенно не отличается, и пожилые пациенты после повторного вмешательства являются более удовлетворенными [213].

Другим возможным объяснением увеличения числа ревизионных операций на позвоночнике может быть появление новых хирургических технологий, связанные с более агрессивным подходом к таким патологиям, как деформации у взрослых, которые все еще изучаются и при их лечении нет широкого консенсуса относительно хирургической тактики [216]. У данной категории пациентов возникает наибольшее число осложнений, требующих ревизионного вмешательства. Однако, Qureshi R et al, оценивая результаты первичной и повторной операции у пациентов с деформациями позвоночника, не выявили значимых отличий по частоте осложнений, требовавших реоперации в 30 и 90 дневный период [213].

Одним из наиболее крупных аналитических исследований, посвященных трендам ревизионной хирургии на примере США, была работа S. S. Rajaee et al [214]. В нем отмечено, что частота ревизионного спондилодеза увеличивается в течении времени и составляет на 2008 г 7,2 на 100 000 взрослых, из которых 4,7 приходится на поясничный отдел позвоночника. Средний возраст пациентов с повторной операцией по данным исследования составил около 55 лет, при этом несколько больше преобладали женщины (55,6%). В отличие от

ревизионных вмешательств по поводу деформаций позвоночника взрослых, реоперации при регионарных спондилодезах характеризовались большей продолжительностью госпитализации (4,2 дня против 3,8 дней; $p < 0,001$) и большей стоимостью лечения (\$91.909 против \$87161, $p < 0,001$), чем при первичных вмешательствах. Это может быть объяснено большим количеством периоперационных осложнений, таких как повреждение твердой мозговой оболочки, необходимостью использования дорогостоящего ВМР, и инфекцией области хирургического вмешательства. То же касается и стоимости реоперации при грыжах поясничных межпозвонковых дисков. Heindel P et al при ретроспективном анализе базы данных счетов национального страхования выявили, что средняя дополнительная стоимость за 4 года составила \$33.192 за пациента без повторных операций и \$77.837 за пациента с по крайней мере одной повторной операцией [125]. Среди пациентов, перенесших ревизионное вмешательство, средняя сумма лечения за 4 года составила \$106.318 для пациентов, перенесших спондилодез поясничного отдела позвоночника в качестве повторной операции, \$69.308 - ламинэктомию и \$49.192 - повторную микродискэктомию.

Таким образом, не только клинические аспекты, но и учитывая растущие расходы на здравоохранение, снижение частоты ревизионных вмешательств при дегенеративно-дистрофических поражениях позвоночника является важным шагом на пути к экономии средств.

1.5.2 Современные подходы к оказанию хирургической помощи пациентам после предшествующих декомпрессивных, декомпрессивно-стабилизирующих и корригирующих вмешательств

Хирургическое лечение пациентов с рецидивом болевого синдрома в ряде случаев является достаточно сложной задачей с точки зрения диагностики, тактики и технического исполнения самого вмешательства. Степень сложности ревизионной операции обусловлена видом первичного хирургического вмешательства: микродискэктомия при грыже межпозвонкового диска,

декомпрессии при стенозе позвоночного канала, либо декомпрессивно-стабилизирующее и (или) корригирующее воздействие при деформациях позвоночника.

При рецидиве грыж поясничных межпозвонковых дисков в случае неэффективности консервативного лечения и точного клинкоморфологического соответствия, тактика сводится к ревизионному хирургическому вмешательству [286]. Это технически более сложная задача из-за перидурального фиброза, при котором отсутствует четкая граница с дуральным мешком, что повышает вероятность осложнений, таких как повреждение нерва и разрыв твердой мозговой оболочки [239]. Aizawa T et al сообщили о частоте реоперации при клинически значимом рецидиве в течение 20 лет с использованием анализа Каплана-Мейера [50]. В исследовании показано, что повторные вмешательства постепенно увеличивались с 0,5% через 1 год после первичной операции до плато на уровне 2,8% через 15,7 лет: 21% выполнены в течение 6 месяцев, 5% - через 6-12 месяцев, 43% - через 1-5 лет и 31% - через >5 лет. Напротив, Cheng J et al выявили, что реоперации в 50% случаях проводились в течение 6 месяцев, 9% - через 6-12 месяцев, 35% - через 1-5 лет и 6% - через 5-9 лет [88].

Способы хирургического вмешательства при повторном образовании грыж достаточно разнообразны: повторная декомпрессия в виде дискэктомии (открытой, микрохирургической, эндоскопической), декомпрессивно-стабилизирующие вмешательства (различные виды спондилодеза в сочетании или без транспедикулярной фиксации, динамическая транспедикулярная стабилизация) [286]. Fu TS et al не наблюдали существенных различий в клинических исходах между ревизионной дискэктомией со спондилодезом или без него [112]. Одной декомпрессии может быть достаточно для ревизионной операции. Однако, иногда требуется широкая дестабилизирующая декомпрессия с целью более свободной манипуляции с интраканальными сосудисто-нервными образованиями, чтобы снизить вероятность для

предотвращения неврологических осложнений. В таких обстоятельствах может быть показан спондилодез. К тому же он исключает повторное образование грыж на оперированном уровне. Симонович А.Е. с соав., считают, что декомпрессивно-стабилизирующие вмешательства при рецидиве грыж являются патогенетически обоснованным видом лечения [38]. При анализе клинического материала ими отмечено, что повторные рецидивы болевых синдромов после выполнения декомпрессивных операций возникли в 9,8 % случаев, а после декомпрессивно-стабилизирующих (задний межтеловой спондилодез) – в 1,4 %. Однако, Drazin D et al при систематическом анализе литературы не смог найти достаточных доказательств, подтверждающих какую-либо существенную разницу в результатах между только дискэктомией и дискэктомией со спондилодезом[104].

Более современные исследования указывают на то, что хирургическим методом первой линии для рецидивных грыж все-таки являются декомпрессивные вмешательства, если нет весомых оснований для стабилизации. Mehren C et al провели сравнительное исследование декомпрессивных вмешательств между 2576 пациентами с первичными грыжами и 592 пациентами с рецидивными [186]. Данные показали, что качество жизни (ODI) и болевой синдром в ногах и спине (VAS) значительно улучшились в обеих группах, хотя показатели в группе рецидива немного уступали результатам группы первичной дискэктомии. Появляются исследования, которые анализируют применение эндоскопических технологий для декомпрессии при рецидиве грыж. Choi Y et проанализировали результаты эндоскопической дискэктомии у 211 пациентов с первичными грыжами и 33 пациентов с рецидивными [91]. Клинические исходы через 2 года в группах были сопоставимы (ODI, $p = 0,94$; VAS спина, $p = 0,11$ и VAS нога, $p = 0,48$). Частота повторных операций составила 3,3% в группе первичной дискэктомии и 3,0% в группе повторной дискэктомии, но общая частота осложнений была при ревизионном вмешательстве была 9,8% против 6,6%.

Неблагоприятными последствиями декомпрессивно-стабилизирующих операций на позвоночнике могут быть проблемы на уровне вмешательства (переломы, мальпозиции, расшатывание винтов и псевдоартроз), либо на смежном уровне (дегенерация смежного уровня, переходный кифоз и переломы). Прежде чем приступать к любой ревизионной операции, также необходимо исключить скрытую инфекцию, особенно при псевдоартрозе и расшатывании винтов. Что касается псевдоартрозов, то не всегда они проявляются клинически. Примерно в 23% случаев при рентгенологических выявленных изменениях, соответствующих критериям псевдоартроза проводится реоперация [182]. Хирургическое вмешательство может быть выполнено тем же доступом, либо иными подходами, при создании максимальных условий для сращения и стабилизации в выгодном положении с позиции сагиттального и фронтального баланса.

Псевдоартроз после изолированного заднебокового спондилодеза оставляет хирургу наибольшее количество ревизионных вариантов. Одним из них является повторная попытка заднебокового спондилодеза, при которой винты могут быть увеличены в размерах, использована цементная аугментация, декортикация и применение костного трансплантата из гребня подвздошной кости или костного морфогенетического белка 2 (BMP-2) [67]. Добавление межтеловой стабилизации повысило частоту удачного исхода после ревизионной операции по поводу псевдоартроза [114]. При этом использовании передних, косых и боковых забрюшинных доступов позволяет создать условия для установки кейджей с большой площадью поверхности, что выгодно с биомеханической точки зрения, и большей областью для сращения. Частота сращения при спондилодезе в 360° (ALIF и ревизионный задний спондилодез) достигает от 90 до 100% [51, 114]. Задний или трансфораминальный спондилодез так также могут быть рассмотрены при ревизии, но они сопряжены с большими техническими сложностями в условиях предшествующей ламинэктомии. Owens RK et al в ретроспективном когортном исследовании,

включавшем 128 пациентов с псевдоартрозом, не выявили статистически значимой разницы в показателях качества жизни, между пациентами с различными видами спондилодеза (заднебоковой спондилодез, TLIF, ALIF) [205]. Поскольку при ALIF и LLIF нет одномоментной возможности доступа к задней стабилизирующей конструкции, то может потребоваться многоэтапное лечение в одну или несколько хирургических сессий со спондилодезом 540° (сзади–спереди–сзади), особенно если требуется сагиттальная или коронарная коррекция [96]. Количество этапов может быть снижено. Kadam A et al предложили при состоятельной задней фиксации использовать методику «overpower» для внедрения гиперлордотических кейджей [142]. При такой ситуации требуется проведение двух этапов вместо трех. Использование этого метода, вероятно, не рекомендуется пациентам с недостаточной минеральной плотностью костной ткани.

При наличии ранее установленного межтелового кейджа хирургическая стратегия может быть рассмотрена в пользу повторной попытки спондилодеза, но другим методом. К примеру, при ранее проведенном TLIF или PLIF, кейджи наиболее легко извлекаются с помощью переднего или бокового доступа и могут быть заменены более крупными кейджами [191]. Ревизионные забрюшинные подходы, хотя и возможны, но связаны с более высокой частотой хирургических осложнений, что обусловлено трудностями с мобилизацией сосудов и внутренних органов [96]. Учитывая большие размеры кейджей ALIF и LLIF, связанные с этим относительно стабильные псевдоартрозы, может просто потребоваться ревизионный заднебоковой спондилодез. Однако, если необходимо удалить ранее установленную кейдж LLIF, к уровню можно подойти с другой стороны, если его исходная конструкция не имеет встроенного крепления. Уровень опыта хирурга, а также пациент-связанные факторы, такие как ожирение и анатомия сосудов, входят в уравнение при взвешивании рисков и преимуществ ревизионного ALIF [96].

Патология смежного сегмента после стабилизирующих вмешательств варьировалась от 5% до 43%, в то время как необходимость хирургических вмешательств достигает 15% [67]. Симптоматичность смежного сегмента может быть обусловлена развитием сегментарной нестабильности, спондилолистеза, сколиоза или ретролистеза, дегенеративного стеноза. Принципы по оказанию ревизионной хирургической помощи должны базироваться на общих подходах, как при лечении первичных пациентов: при наличии компрессионных синдром – декомпрессия, при клинικο-рентгенологических признаках нестабильности или деформации – стабилизация и коррекция на клинически значимых уровнях [67]. Достижение этих принципов возможно любыми доступными хирургическими методиками: минимально-инвазивными, традиционными открытыми; передними, косыми, боковыми, задними спондилодезами и т.д.. Yang Z et al в сравнительном исследовании хирургического лечения пациентов с патологией смежного сегмента после моносегментарного спондилодеза не выявили клинικο-рентгенологической разницы при использовании продления металлофиксации с PLIF и декомпрессии из дорзального доступа и методики OLIF с фиксацией сегмента боковыми винтами и эндоскопической декомпрессии [281]. Zhu G et al при похожем анализе определили, что OLIF эффективен и безопасен при лечении пациентов с патологией смежного сегмента после предшествующего заднего поясничного спондилодеза и превосходит PLIF с точки зрения операционных характеристик, краткосрочных клинических результатов и восстановления высоты диска при сопоставимых возможностях блока и редукции [290]. На сегодняшний день отсутствуют гадлайны, которые могли бы определить выбор хирургической технологии. Комплексное клинικο-морфологическое обследование должно предопределять этот выбор с позиции преимущественно каждого метода в той или иной ситуации.

Lee YC et al предложили алгоритм хирургической тактики ревизионного вмешательства, позволяющий использовать минимальноинвазивные

технологии [168]. Возможность применения MIS технологий зависит от двух решающих факторов: характер предыдущей операции и состояние позвоночно-тазового и глобального баланса. В зависимости от этого авторами определены тактических 5 типов.

Хирургическая стратегия ревизионных операций у пациентов с деформациями позвоночника взрослых - сложная задача, а технически хирургическое вмешательство часто отягощается периоперационными осложнениями. Реоперация всегда должно быть тщательно спланирована после выявления основных причин неудачи [237]. Martini C et all алгоритмизировали тактику лечения, исходя из выделенных ими четырех основных групп проблем: перелом стержня из-за несращения, патология проксимальной переходной зоны соединения, патология дистальной переходной зоны соединения и потеря коррекции или невозстановленный баланс [183]. Хирургические стратегии, выстраивалась в соответствии с различными хирургическими целями: межтеловые кейджи и конструкция с несколькими стержнями для повышения жесткости и содействия сращению, стержени “подставки” и стержени “стяжки” для коррекции коронального и сагиттального дисбаланса, специфическая контурная пластика стержня и проксимальные крючки в конфигурации “коготь” для уменьшения механического напряжения в проксимальной области соединения.

Таким образом, ревизионные вмешательства являются вызовом для хирурга, и чем больше степень предшествующей ятрогенной агрессии, тем риски хирургических последствий повторного вмешательства выше. Однако, по совокупности представленных литературных данных реоперации позволяют значительно улучшить качество жизни пациентов, а результаты существенно не отличаются от таковых при первичных операциях.

Резюме

Роль дегенеративно-дистрофических поражений поясничного отдела позвоночника в развитии вертебрального синдрома весьма существенна и является значимой проблемой системы здравоохранения любой страны. Вертебрология становится одной самых «дорогих» медицинских специальностей.

Грыжи межпозвонковых дисков занимают лидирующее место среди всех нозологических форм дегенеративно-дистрофических поражений поясничного отдела позвоночника, а их клинические проявления оказывают существенную социальную и экономическую нагрузку. Несмотря на большой арсенал возможностей консервативного лечения пациентов, хирургическому вмешательству подвергаются до 20% пациентов [43,109]. Исследования высокого уровня доказательности указывают на эффективность современных микроэндоскопических и перкутанных методик при лечении пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков, которая является сопоставимой по результатам с традиционной микрохирургической дискэктомией. Одной из наиболее значимых проблем после их хирургического удаления является их рецидив. При этом отмечено, что клинические результаты повторных вмешательств значительно уступают первичным. В настоящее время не прекращаются поиски способов прогнозирования (путем анализа факторов риска) и профилактики (путем разработки техник и технологий) рецидивов болевого синдрома после микродискэктомии.

Другой не менее значимой проблемой в хирургической вертебрологии являются клинические проявления стеноза и деформаций дегенеративного генеза. Данные нозологические формы в основном формируются и проявляются у лиц старше 50 лет, у которых к этому возрасту формируется определенный коморбидный фон и нарушение минеральной плотности кости, что вносит значимый вклад в определение хирургической тактики. В этой связи широкое применение открытых и минимально инвазивных декомпрессивных и декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств без учета индивидуальных

рисков развития неврологических и ортопедических последствий привело к значительному росту неудовлетворительных исходов и частоте повторных операций. Особо сложную проблему представляют деформации позвоночника, хирургические вмешательства при которых сопряжены с высокой частотой осложнений и ревизионных операций, а исходы лечения далеки от желаемого.

Учитывая большое разнообразие классификаций, тактик и технологий, в настоящее время не определены четкие рекомендации и ограничения, которые могли бы регламентировать выбор хирургической тактики при той или иной нозологической форме дегенеративных поражений поясничного отдела позвоночника. Все это диктует необходимость оптимизации именно хирургических тактик путем создания системы персонифицированного преоперационного планирования, что позволит минимизировать ятрогенной агрессии при максимальном сохранении радикальности вмешательства.

Глава 2. Материалы и методы клинического исследования

2.1 Материал исследования

Настоящая исследовательская работа основана на анализе результатов хирургического лечения 1482 пациентов с дегенеративно-дистрофическими поражениями поясничного отдела позвоночника. Проведена оценка ранних и отдаленных результатов. Показаниями для хирургических вмешательств были вертеброгенный компрессионный и некомпрессионный болевой синдром в сочетании или без с неврологическим дефицитом, нейрогенная перемежающаяся хромота. Морфологическим субстратом клинических проявлений были:

- грыжи поясничных межпозвонковых дисков
- дегенеративный стеноз позвоночного канала, дегенеративный спондилолистез, дегенеративный сколиоз «de novo», сегментарная нестабильность и их комбинации.

Пациенты, включенные и формирующие когорты для исследования, были оперированы в разный временной интервал, а результаты анализа их данных позволяли решить конкретные задачи:

- 300 пациентов с первичными и 50 пациентов с рецидивными грыжами поясничных межпозвонковых дисков были оперированы в период с 2009 по 2012 года

- 514 пациентов с первичными грыжами был оперированы с 2013 по 2014

- 133 пациента с первичными грыжами были оперированы с 2012 по 2016

- 128 пациентов с моносегментарным дегенеративным спондилолистезом поясничного отдела позвоночника были оперированы в период с 2015 по 2017 года.

- 102 пациента с дегенеративным спондилолистезом поясничного отдела позвоночника были оперированы в период с 2018 по 2019 года.

- 243 пациента с дегенеративным стенозом, дегенеративной нестабильностью и дегенеративными деформациями поясничного отдела были оперированы в период с 2018 по 2023 года.

Пациенты были оперированы в нейрохирургическом отделении №2 ФГБУ ННИИТО им. Я. Л. Цивьяна Минздрава России и травматолого-ортопедическом отделении №12 ФГБУ НМИЦ ТО им. Н. Н. Приорова. В исследование включены пациенты, оперированные в период с 2009 по 2023 года.

2.2 Методы исследования

2.2.1 Клинико-неврологические методы

Дегенеративно-дистрофические поражения поясничного отдела позвоночника проявляются компрессионными и некомпрессионными синдромами, которые проявляются болью и неврологическими расстройствами, на ликвидацию которых главным образом и направлено хирургическое лечение пациентов.

Оценка интенсивности болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника и ноге проводится, используя по визуальной аналоговую шкалу (**приложение 2**) [185]. Качество жизни оценивали, используя индекс недееспособности Освестри (ODI – Oswestry Disability Index) (**приложение 1**).

Неврологическая топография проводится следующим образом:

- синдром компрессии корешка L4 – иррадиация болей по передней поверхности бедра и голени, гипестезия на передней поверхности бедра, слабость четырёхглавой мышцы, снижение или утрата коленного рефлекса;

- синдром компрессии корешка L5 – иррадиация болей по наружной поверхности бедра и голени, иногда с распространением на тыл стопы, на I-III пальцы, гипестезия в этой же зоне; слабость перонеальной группы мышц, возможна гипотрофия, слабость разгибателя I пальца стопы;

- синдром компрессии корешка S1 – иррадиация болей из средней ягодичной области в задненаружные или задние отделы бедра, голени, в

пяточную область с переходом на наружный край стопы и IV–V пальцы, гипестезия в задненаружных отделах голени и наружных отделах стопы; гипотрофия икроножной мышц, слабость икроножной мышцы, снижение или отсутствие ахиллова и подошвенного рефлексов.

Комплексным синдромом, чаще отражающим проявление дегенеративного стеноза позвоночного канала, является нейрогенная перемежающаяся хромота. Она характеризуется появлением боли и (или) неврологического дефицита, возникающих при вертикализации и ходьбе и проходящие в покое при сгибании в поясничном отделе позвоночника. Патологическим механизмом нейрогенной перемежающейся хромоты является преходящая компрессия и ишемия корешков спинного мозга. Количественная оценка синдрома проводится с помощью теста ходьбы с определением дистанции (5-500 метров) до появления основных клинических симптомов [34, 253].

Статус коморбидности оценивали по шкале Charlson (Charlson Comorbidity Index – CCI): низкий – 0-2 балла, умеренный – 3-6 баллов, высокий – 7-9 баллов, очень высокий – >9 баллов [44, 83].

Определяли индекс массы тела (ИМТ) по формуле: $ИМТ = m / h^2$, где m – масса тела в килограммах, h – рост в метрах.

2.2.2 Методы лучевой диагностики

Методами радиографического обследования были следующие:

- рентгенография
- МСКТ, при необходимости с интрадуральным контрастированием
- МРТ
- денситометрия

Рентгенография

Данный метод обследования включал несколько видов визуализации: прямая и боковая проекция поясничного отдела позвоночника с захватом

тазобедренных суставов; функциональная рентгенография (сгибание и разгибание в боковой проекции); рентгенография позвоночника в положении стоя в обычной позе, в двух стандартных проекциях от С0 до средней трети бедренных костей, положение кистей на противоположных ключицах. Перед проведением функциональных спондилограмм пациентам выполняли обезболивание кетоналом или трамадолом для снижения интенсивности болевого синдром до 2–3 баллов по шкале ВАШ с целью снятия болевого функционального блока.

По данным рентгенографии определяли следующие параметры, отражающие степень дегенеративных поражений позвоночника: высота межпозвонкового диска; изменение формы тел позвонков и дугоотростчатых суставов; сагиттальный и фронтальный регионарный и глобальный профиль позвоночника; боковая и передне-задняя трансляция тел; сегментарная ангуляция.

Сегментарный объем движения рассчитывали как разницу углов при флексии и экстензии (рис 5).



А

В

Рисунок 5. Измерение сагиттальной подвижности позвоночного двигательного сегмента: А – сгибание, В – разгибание. Сагиттальный объем движения равен 13°

Высота межпозвонкового диска оценивалась по индексу высоты диска [152]. Данный параметр мы определяли на боковой рентгенограмме как отношение высоты межпозвонкового диска (а) к высоте тела вышележащего позвонка (А). Таким образом, $ИВД = a/A$. (рис 6).

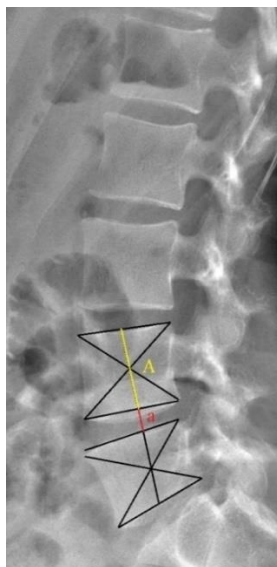


Рисунок 6. Измерение индекса высоты межпозвонкового диска. А – высота тела вышележащего позвонка, а – высота межпозвонкового диска.

Параметры позвоночно-тазового и глобального сагиттального баланса анализировались по данным рентгенографии в боковой проекции. К ним относились: PI (Pelvic incidence), SS (Sacral slope), PT (Pelvic tilt), LL (lumbar lordosis), Low LL (low lumbar lordosis - лордоз на уровне сегментов L4-S1), SL (segmental lordosis), IB (index Barrey), PI-LL, форма поясничного лордоза по Roussouly, Global Alignment and Proportion (GAP).

Для оценки ряда параметров сагиттального профиля использовали критерии сагиттальных модификаторов SRS-Schwab (приложение 3).

Тип Roussouly у каждого пациента определяли по PI: тип I и II - $PI < 45^\circ$, тип III – $PI 45-60^\circ$, тип IV – $PI > 60^\circ$ [211]. После операции, согласно Pizones J et

all [211], тип Roussouly определяли как некорригированный, корригированный, гиперкоррегированный.

GAP – новый комплексный метод оценки нарушения сагиттального профиля, предложенный Yilgor C et al в 2017 [285, 284]. Данный метод предложен с целью нивелировать недочеты классификации SRS-Schwab. Расчеты индивидуализируются исходя из данных константного параметра PI (приложение 4).

С целью расчета индивидуализированных значений показателей сагиттальных параметров использовались следующие формулы:

- $SS = PI \times 0,59 + 9$ [285, 284]
- $LL (L1-S1) = 31.1 - 0.15 \times \text{возраст} + 0.58 \times PI$ [166]
- $LDI = \text{Low } LL / LL \times 100$ [285, 284]
- $GT = PI \times 0,48 - 15$ [285, 284]
- $PT = 0.44 \times PI - 11$ [166]
- $IB = C7PL / SFD$ [166]

В зависимости от типа Roussouly нормальные значения индекса распределения лордоза (LDI) могут отличаться: при типе I и II – $LDI = 80-90\%$, при типе III – $LDI = 70-80\%$, при типе IV – $LDI = 60-70\%$ [212].

На фронтальных рентгенограммах определяли сегментарный и регионарные искривления, оцениваемые по методике Cobb. Для определения типа деформации использовали коронарные модификаторы SRS-Schwab (приложение 3).

Магнитно-резонансная томография

Для исследования взяты данные пациентов, обследованные с использованием томографа мощностью 1.5Т и более. По данным этого метода нейровизуализации определяли следующие параметры: стадия дегенерации

межпозвонкового диска, тип межпозвонковой грыжи, изменения замыкательных пластинок и прилежащего красного костного мозга, стадия дегенерации суставного хряща и субхондрального склероза дугоотростчатых суставов, стеноз позвоночного канала, синовииит дугоотростчатых суставов. В послеоперационном периоде по данным МРТ определялись: истечение ликвора, перидуральный фиброз, гематомы, субстрат компрессии (стеноз позвоночного канала, грыжи), инфекция области хирургического вмешательства.

Стадию дегенерации межпозвонкового диска оценивали согласно критериям Pfirrmann [209] (приложение 5). Согласно данной классификации выделено 5 стадий, критериями которых являются гомогенность структуры диска, интенсивность сигнала, четкость границы между пульпозным ядром и фиброзным кольцом и высота межпозвонкового диска.

Тип межпозвонковой грыжи определяли согласно классификации Северо-Американской Ассоциацией Вертебологов, как протрузия, экструзия и секвестрированная грыжа [110]. Изменения замыкательных пластинок и прилежащего красного костного мозга градируют по критериям Modic (приложение 6) [190], а стадию дегенерации суставных хрящей и субхондрального склероза дугоотростчатых суставов, согласно классификации Grogan (приложение 7) [118].

Стеноз позвоночного канала классифицировали согласно системе, предложенной Shizas et al (приложение 8) [225]:

Синовииит дугоотростчатых суставов определяли как наличие жидкости в полости сустава (гиперинтенсивный сигнал на T2 взвешенном изображении и гипоинтенсивный на T1) толщиной более 1 мм [82].

Мультиспиральная компьютерная томография

С помощью МСКТ оценивали анатомические особенности структур позвонка (тел, педикул, дужек, дугоотростчатых суставов) и позвоночно-двигательного сегмента, субстрат компрессии, позиционирование и целостность имплантированных систем и конструкций, периимплантатные изменения, нарушение минеральной плотности кости, межтеловой блок.

При сомнительных случаях с целью повышения информативности выполнялась МСКТ-миелография, которая позволяет более четко визуализировать дуральный мешок и корешковые манжеты.

Оценка межтелового блока проводилась согласно критериям G. H. Tan et al (приложение 10) [249]. Проседание межтелового имплантата градировалось согласно критериям Makino T: стадия 0 – внедрение имплантата в тело позвонка менее 1 мм, стадия 1 – 1-3 мм, стадия 2 – более 3 мм [178]. Мальпозиция транспедикулярных винтов анализировалась в соответствии с критериями G. Rao.

Минеральную плотность костной ткани оценивали в единицах Хаунсфилда (Hounsfield unit, HU), что позволяет определять плотность губчатой кости, исключая кортикальную. При этом значение плотности костной ткани в HU максимально приближено к истинному. Данный параметр является более значимым предиктором несостоятельности металлофиксации (расшатывания винтов), чем показатели денситометрии. Пороговым значением, когда имеется нарушение минеральной плотности губчатой кости являются значение $HU < 135$ [288]. Нами разработан способ оценки минеральной плотности кости при лечении пациентов с дегенеративными поражениями поясничного отдела позвоночника (патент №2793383) «Способ предоперационного определения плотности губчатой костной ткани позвонков перед проведением кругового спондилодеза при поражениях поясничного отдела позвоночника», заявка №2022123851/14(051309), приоритет изобретения от 08.09.2022/ Леонова О.Н., Байков Е.С., Крутько А.В. Патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение

Министерства здравоохранения Российской Федерации Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова). Способ характеризуется тем, что в предоперационном периоде определяют методом мультиспиральной компьютерной томографии пространственную визуализацию структуры губчатой костной ткани тела позвонков пораженного сегмента поясничного отдела позвоночника пациента выполнением 64 срезов за один оборот «гентри» с толщиной среза 0,625 мм, без наклона «гентри» с напряжением 120 kV, силой тока 175 mA, за время 2,2 секунды при pitch 0,516:1, с использованием обзорной скиограммы длиной 150 – 220 мм, осуществляют построение мультипланарных реконструкций изображения пораженного сегмента поясничного отдела позвоночника в трех взаимно перпендикулярных плоскостях – аксиальной, фронтальной и сагиттальной, на среднеаксиальном срезе томографически визуализированного тела позвонка на уровне их венозного сплетения вычисляют в HU (Hounsfield unit – единица Хаунсфилда) плотность кости каждого поясничного позвонка из пораженного сегмента поясничного отдела позвоночника, подлежащих круговой металлофиксации с использованием межтелового спондилодеза и стабилизацией транспедикулярными винтами, затем вычисленные значения плотности каждого поясничного позвонка из пораженного сегмента поясничного отдела позвоночника в HU сопоставляют с ранее исследованными пороговыми значениями плотности и устанавливают уровень риска состоятельности или несостоятельности круговой металлофиксации, при этом при значениях плотности кости позвонка L4 более 127 HU, плотности кости позвонка L5 более 136 HU и плотности кости позвонка S1 более 142 HU устанавливают отсутствие риска несостоятельности круговой металлофиксации пораженного поясничного отдела позвоночника, а при значениях плотности кости позвонка $L4 \leq 127$ HU, плотности кости позвонка $L5 \leq 136$ HU и плотности кости позвонка $S1 \leq 142$ HU устанавливают высокий риск несостоятельности круговой металлофиксации на поясничном отделе позвоночника с планированием выполнения межтелового спондилодеза в

сочетании с транспедикулярной фиксацией. При этом при определении плотности в НУ поясничных позвонков показатели плотности кортикальной кости и плотность склеротически измененной костной ткани не учитывают.

2.3 Характеристика видов оперативных вмешательств

При лечении пациентов с дегенеративно-дистрофическими поражениями поясничного отдела позвоночника использовались одно или комбинация следующих хирургических вмешательств:

1) Декомпрессивные операции:

- микрохирургическая дискэктомия в сочетании или без пластики фиброзного кольца;
- двусторонняя декомпрессия из одностороннего доступа методом «over the top».

2) Стабилизирующие операции:

- транспедикулярная фиксация: транскутанная, из доступа по Wiltse или из срединного доступа;
- задний межтеловой спондилодез (PLIF), трансфораинальный межтеловой спондилодез (TLIF), боковой межтеловой спондилодез (LLIF), вентральный межтеловой спондилодез (ALIF).

Целью декомпрессивного вмешательства являлось ликвидация компрессирующего субстрата клинических проявлений. При грыжах поясничных межпозвонковых дисков применялась широкоизвестная методика микродискэктомии по Caspar.

У части пациентов при микродискэктомии применялась технология закрытия дефекта фиброзного кольца.

Описание технологии. Для закрытия дефекта фиброзного кольца использовался имплантат Barricaid® (Intrinsic Therapeutics, Inc., Woburn, USA), состоящий из полимерного лепестка, закрывающего дефект в фиброзном

кольце, и титанового якоря. Под ЭОП-контролем с помощью устройства доставки якорь имплантата внедряется в тело выше- или нижележащего позвонка таким образом, чтобы его плоская часть располагалась параллельно замыкательной пластики тела позвонка (**рисунок 7**) [303].



Рисунок 7 – Имплантат «Barricaid» с устройством доставки

У пациентов со стенозом позвоночного канала использовались методики декомпрессии методом «over the top» при центральном стенозе [308] или медиальная резекция дугоотростчатого сустава и (или) остеофитов тел смежных позвонков при латеральном стенозе.

Показанием к использованию металлофиксации при дегенеративно-дистрофических поражениях были сегментарная нестабильность, либо необходимость коррекции.

Коррекция деформаций (сегментарных и/или глобальных) выполнялась с помощью вертебротомий и/или спондилодеза. Виды вертебротомий градируют согласно классификации Schwab F. Et all (**приложение 9**) [230].

Корректирующий спондилодез производился через вентральный, боковой, трансфораминальный и задний доступы. Наибольшими корректирующими возможностями обладает ALIF, особенно при использовании имплантатов с углом более 15°, который предпочтительно выполнять на уровнях L4-L5 и/или L5-S1 (до 15-20° на один сегмент). Наименьшие возможности коррекции у TLIF и PLIF (7°). LLIF имеют умеренные корректирующие возможности в сагиттальной плоскости (до 10°), а также хорошие корректирующие возможности во фронтальной плоскости. При хирургическом лечении пациентов выбор технологии зависел от необходимой степени коррекции согласно расчетным целевым показателям.

Коррекция деформаций у пациентов с нарушением сагиттального баланса выполнялась несколькими способами:

- только из дорзального доступа с использованием сочетания различных остеотомий по Schwab F и TLIF или PLIF с обязательной задней транспедикулярной фиксацией.
- Комбинацией вентральных (ALIF) и боковых (DLIF) методик в сочетании с остеотомиями по Schwab F. и ТПФ. Данное вмешательство подразумевает этапный подход.

У пациентов после предшествующих хирургических вмешательств с использованием металлофиксаций применялся способ ревизионного корректирующего спондилодеза на поясничном отделе позвоночника (патент на изобретение RU №2785750), позволяющий исключить дополнительные доступы к вентральной опорной колонне и выполнить коррекцию до 20° и стабилизацию из дорзального доступа. Описание способа. В предоперационном периоде методом МСКТ и рентгенографии оценивается пространственная визуализация пораженных структур поясничного отдела позвоночника с определением кифотической, сдвиговой и ротационной деформации в поясничном отделе позвоночника. С помощью МРТ оценивается

состояние окружающих мягких тканей, сосудистых и нервных структур. Положение пациента на хирургическом столе лицом вниз. Под грудной клеткой и под областью тазобедренных суставов укладываются валики. Выполняется задний срединный доступ разрезом кожи в проекции пораженного позвоночно-двигательного сегмента. Далее осуществляется скелетирование элементов задних опорных колонн при их наличии после предшествующего хирургического вмешательства. Выполняется демонтаж транспедикулярной конструкции. Если установленные ранее транспедикулярные винты стоят корректно и стабильно, то они оставляются. Выполняется ламинэктомия и двухсторонняя фасетэктомия, удаляется желтая связка и проводится менингорадикүлолиз на уровне корригирующего спондилодеза. Далее поочередно в любой последовательности слева и справа смещается медиальное дуральный мешок и выполняется рассечение скальпелем задней продольной связки и дорзальной части фиброзного кольца в зоне визуального контроля. Проводится удаление пульпозного ядра, гиалинового хряща замыкательных пластинок до «кровяной росы». В головки транспедикулярных винтов слева и справа укладываются два временных стержня, которые предварительно фиксируются в головках винтов. Осуществляется дистракция с использованием дистрактора за головки винтов межтелового промежутка и в таком положении осуществляются временный монтаж транспедикулярной конструкции (рис. 8).

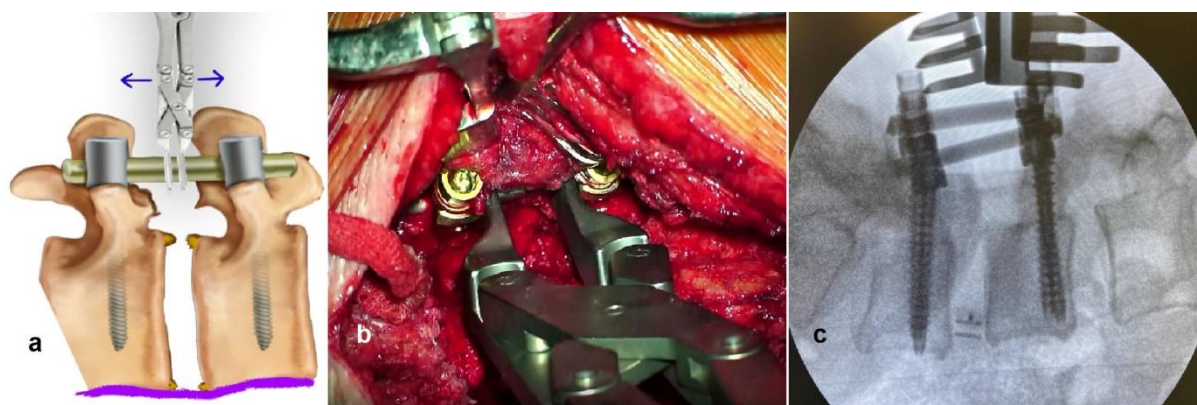


Рис 8. Дистракция межтелового промежутка: а – схематическое изображение, b – интраоперационное фото, с – рентгенография

Через межтеловой промежуток под ЭОП контролем с использованием плоского тупого долота выполняется разрыв латеральных и передней частей фиброзного кольца с ограничением выхода долота не более чем на 5 мм за пределы контура тела позвонка (рис. 9).



Рис 9. Релиз передней и латеральных частей фиброного кольца: а – схематическое изображение, b – интраоперационное фото, с – рентгенография

После полного разрыва фиброзного кольца гайки транспедикулярной конструкции ослабляются и выполняются дополнительная дистракция межтелового промежутка за головки транспедикулярных винтов для установки необходимого размера межтелового имплантата. Далее устанавливается межтеловой имплантат в передней трети межтелового промежутка, а в задние 2/3 межтелового промежутка укладывается костная крошка из резецированных задних структур. Выполняется ослабление конструкции и путем придания пациенту экстензии в поясничном отделе позвоночника за счет разгибания хирургического стола проводится коррекция деформации во всех плоскостях до смыкания краев клина резекции. Поочередно слева и справа временные стержни заменяются на стержни, изогнутые в соответствии с планируемой коррекцией, выполняется контракция за головки транспедикулярных винтов и окончательный монтаж конструкции (рис 10). Выполняется ЭОП контроль, ревизия положения дурального мешка и спинномозговых корешков.

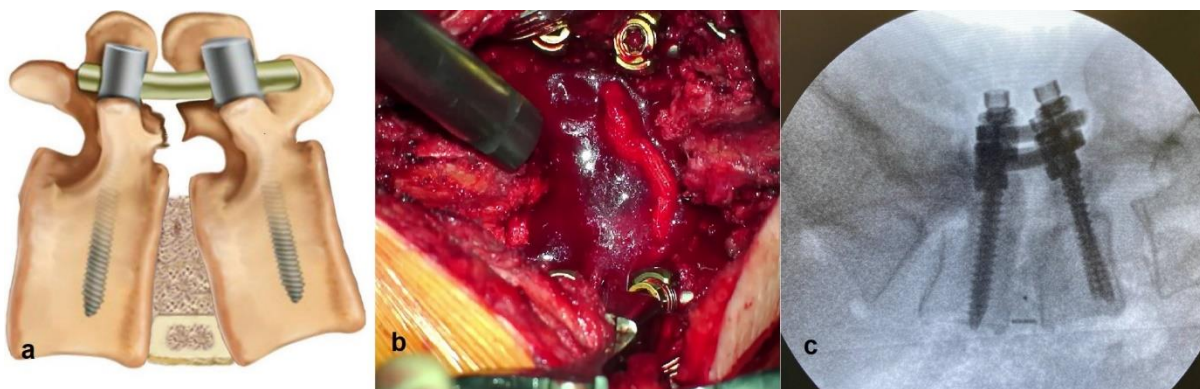


Рис 10. Межтеловой спондилодез в условиях достигнутой коррекции: а – схематическое изображение, б – интраоперационное фото, с – рентгенография

2.4 Оценка результатов хирургического лечения

Оценка периоперационных данных и отдаленных результатов хирургического лечения проводилась на основании клинических (VAS боли в спине и ноге, ODI), радиологических (рентгенография, МРТ, МСКТ) параметров, продолжительности послеоперационной госпитализации, хирургических показателей (вид и уровни вмешательства, индекс хирургической инвазивности, длительность операции (мин), объем интраоперационной кровопотери(мл)), осложнение (интраоперационные, ранние, отдаленные), реоперации. Результаты хирургического вмешательства анализированы после операции (до момента выписки), через 3, 6, 12 мес и далее каждый год (если это предполагалось дизайном исследования).

Степень хирургической инвазивности анализировали согласно шкале, разработанной Mirza (приложение 11) [189]. В основе данной системы лежит балльная оценка воздействия. Она рассчитывается исходя из вида воздействия на опорные колонны, количества включенных в хирургическое воздействие уровней, использования имплантируемых конструкций.

Интраоперационные осложнения оценивались по адаптированной системе R. M. Satava (приложение 12) [224]. Послеоперационные осложнения классифицированы в соответствии с критериями системы «Accordion», которая

является последним пересмотром классификации Dindo-Clavien (приложение 13) [272].

В послеоперационном периоде и на разных сроках наблюдения помимо анализа достоверности различий с дооперационным клиническими данными, проводилась оценка MCID (minimum clinically important difference – MCID) данных шкал. Это то пороговое значение, достигая которого отмечается минимальное клинически значимое улучшение. Значение MCID было взято из данных литературы. Стоит отметить, что оно зависит от вида хирургического вмешательства, нозологии, срока наблюдения, на котором проводится анализ данных (приложение 14).

Период наблюдения в исследованиях составил от 1 года до 6 лет.

2.5 Статистическая обработка данных

Перед статистическим исследованием проводился разведочный анализ данных для проверки нормальности распределений показателей в группах, выявления выбросов, определения степени корреляции показателей внутри групп (Критерий Шапиро-Уилка).

Непрерывные показатели представлены в виде медианы [первый квартиль; третий квартиль]; бинарные показатели представлены в виде количество, процент [95% доверительный интервал (ДИ) процента] (границы ДИ вычислены по формуле Вильсона), категориальные показатели представлены в виде количество и процент пациентов в каждой категории, либо при описательной статистике использовалось среднее значение (M) и стандартное отклонение (m), результаты представлены в виде $M \pm m$.

Сравнение непрерывных показателей в группах проводилось непарным U-критерием Манна-Уитни, с расчетом сдвига распределений и построением 95% доверительного интервала для сдвига. Для сравнения бинарных и категориальных показателей в группах использовался точный двусторонний критерий Фишера.

При сравнении данных проспективных и ретроспективных групп был применен метод Propensity Score Matching (PSM) (метод “ближайшего соседа” с калибром равным 0.1 и соотношением групп 1:1), который позволяет выводить из рассмотрения в группах пациентов, несоответствующих по совокупности значимо различающихся предоперационных показателей.

Сравнение свободы от повторной реоперации между группами проводилось логарифмическим ранговым критерием с построением кривых выживаемости Каплан-Мейера и с вычислением отношения рисков с помощью модели пропорциональных рисков Кокса.

Взаимосвязь двух признаков между собой оценивали с помощью корреляционного анализа по Пирсену (r). Характер тесноты связей коэффициента корреляции учитывали по следующей шкале принимаемых им интервалов значений: менее 0,19 – очень слабая связь, 0,20–0,29 – слабая связь, 0,30–0,49 – умеренная связь, 0,50–0,69 – средняя связь, более 0,70 – сильная степень связи. Значимой считали тесноту связи между признаками не менее 0,3 ($r > 0,3$).

Проверка статистических гипотез проводилась при критическом уровне значимости $p = 0.05$, т.е. различие считалось статистически значимым, если $p < 0.05$. Статистические расчёты проводились в свободно распространяемой программе RStudio (version 1.1.463 – © 2009-2018 RStudio, Inc., USA, 250 Northern Ave, Boston, MA 02210) на языке статистического программирования R.

Глава 3. Оценка эффективности дифференцированного подхода к оказанию хирургической помощи пациентам с грыжами поясничных межпозвонковых дисков, основанного на предоперационных радиологических предикторах их рецидива.

Для оценки эффективности дифференцированного подхода к оказанию хирургической помощи пациентам с грыжами поясничных межпозвонковых дисков, основанного на предоперационных радиологических предикторах их рецидива было проведено проспективное сплошное исследование результатов хирургического лечения 514 пациентов (проспективная - II группа) и 350 пациентов с историческим когортным контролем (ретроспективная - I группа). Показаниями к хирургическому лечению были радикулярный синдром, обусловленный наличием межпозвонковой грыжей без признаков стеноза и нестабильности на уровнях L4-L5 или L5-S1.

В ретроспективную группу вошли пациенты, оперированные методом микродискэктомии в период с 2008 по 2012 года. В этой группе выделено 2 подгруппы: Ia группа – 300 пациентов, у которых не выявлено рецидива грыжи межпозвонковых дисков в течении 3 лет после операции; Ib группа – 50 пациентов, у которых выявлен рецидив грыжи в течении 3 лет после операции, потребовавший повторного хирургического вмешательства. На основании оценки результатов хирургического лечения пациентов этой группы была разработана математическая модель логистической регрессии прогноза риска возникновения рецидива поясничных межпозвонковых грыж, создан алгоритм, позволяющий дифференцировано определять выбор хирургической тактики, направленный на профилактику рецидива.

В проспективную (II) группу вошли пациенты, оперированные методом микродискэктомии и межтелового спондилодеза в период с 2013 по 2014 годы. Пациенты второй группы были разделены на 2 подгруппы в зависимости от риска возникновения рецидива согласно модели логистической регрессии прогноза: IIa группа – 497 пациентов, имеющие риск возникновения рецидива

менее 50%, им проводилась микродискэктомия; IIb группа – 17 пациентов, с риском возникновения рецидива более 50%, им проводился спондилодез (TLIF или PLIF в сочетании с транспедикулярной фиксацией).

Посредством оценки результатов хирургического лечения пациентов проспективной (II) группы и сравнения частоты реопераций с данными пациентов ретроспективной (I) группы был проведен анализ эффективности использования разработанного алгоритма.

Все операции выполнялись врачами, специализирующимися в области вертебральной хирургии и имеющими стаж работы более 5 лет. Катамнез пациентов был прослежен на протяжении 3 лет после хирургического вмешательства.

Показанием к хирургическому лечению был корешковый болевой синдром в сочетании или без неврологического дефицита, резистентный к консервативной терапии более 6 недель.

Критерии включения в исследование: грыжи межпозвонковых дисков на уровне L4-L5 или L5-S1.

Критерии исключения: грыжи межпозвонковых дисков в комбинации с стенозом позвоночного канала, различными видами спондилолистеза, недегенеративными поражениями поясничного отдела позвоночника, пациенты с ранее проведенным хирургическим вмешательством на поясничном отделе позвоночника.

3.1 Дооперационная клинико-радиологическая характеристика ретроспективной группы пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков

Клиническими и демографическими параметрами, которые анализированы в ретроспективной группе были:

-Пол,

- Возраст,
- VAS в спине и ноге
- ODI до операции, длительность дооперационных корешковых болей,
- Курение,
- Индекс массы тела.

Данные описательного и сравнительного статистического анализа между группами представлены в таб. 3. Пациенты обеих групп относились к категории трудоспособного возраста. В Ib группе отмечено значимо большее количество курильщиков, а также эти пациенты имели большую массу тела.

Таблица 3 – Статистический анализ клинических параметров

Признаки		Ia группа (n=300)	Ib группа (n=50)	P
Пол (М:Ж)		139(46,3%):161(53,7%)	22(44,0%):28(56,0%)	0,76
Возраст, лет		42,5±0,7	43,6±1,1	0,32
ВАШ до операции, баллы	Спина	3,11±0,16	3,92±0,07	0,01*
	Нога	5,44±0,20	6,11±0,09	0,03*
Овестри до операции, %		48,3±0,9	51,8±2,4	0,09
Курение (нет/да)		219(73,0%):81(27,0%)	15(30,0%):35(70,0%)	0,01*
ИМТ		27,0±0,6	29,1±0,9	0,03*

*Примечание: *- критерий значим (показатель достоверности $P < 0,05$, коэффициент корреляции $\rho > 0,3$)*

Проведен анализ распределения пациентов в зависимости от возраста (рис 11 и 12) Отмечено, что в Ia группе превалировала возрастная категория 31–40 лет, в Ib группе – 41–50 лет.

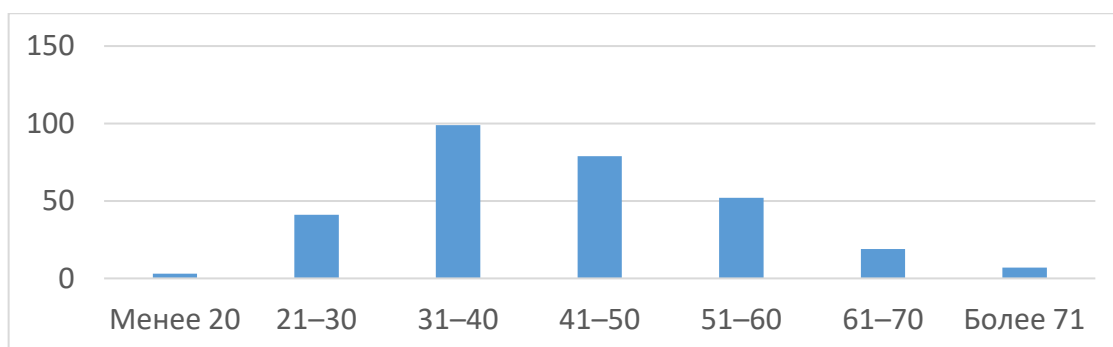


Рис. 11. Количество пациентов в возрастных категориях Ia группы

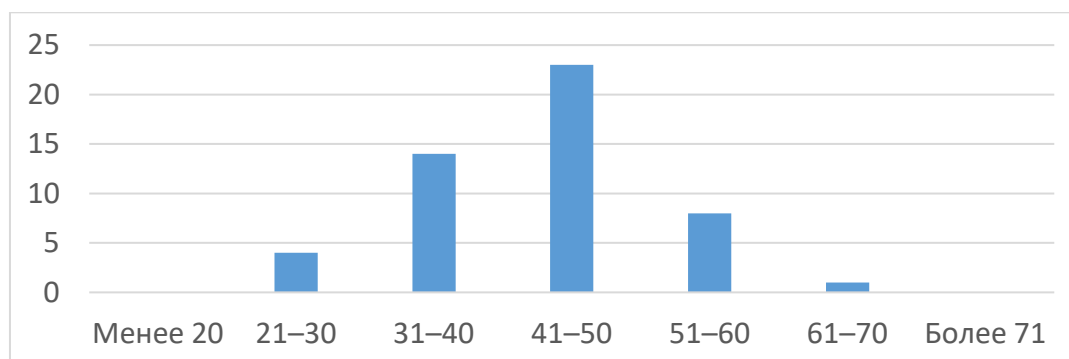


Рис 12. Количество пациентов в возрастных категориях Ib группы

Учитывая тот факт, что восприятие интенсивности болевого синдрома, и соответственно оценка качества жизни, могут отличаться в зависимости от гендерной принадлежности, то была проведена оценка указанных параметров в зависимости от пола (таб 4). Значимых различий по полу внутри подгрупп не выявлено.

Таблица 4 – VAS в спине и ноге и ODI у пациентов Ia и Ib групп в зависимости от пола.

Параметры оценки боли и качества жизни	Ia группа(n=300)		Ib группа(n=50)	
	муж (n=139)	жен (n=161)	муж (n=22)	жен (n=28)
VAS в спине, баллы	3,8±1,2	3,9±1,2 (P=0,39)	3,2±1,1	3,1±1,3 (P=0,63)
VAS в ноге, баллы	6,2±1,6	6,1±1,5 (P=0,35)	5,5±1,3	5,3±1,5 (P=0,65)

ODI, %	48,7±16,4	48,0±15,3 (P=0,69)	55,6±15,9	48,9±17,3 (P=0,16)

Рецидив межпозвонковых грыж является наиболее превалирующей причиной корешкового синдрома после микродискэктомии. В ретроспективной группе проведена оценка сроков возникновения повторной клинически значимой грыжи, требующей хирургического вмешательства (рис 13). Отмечено, что средний период рецидива составил 12,6±11,9 месяцев, а наибольшее их число (42,4%) возникло до 6 мес.

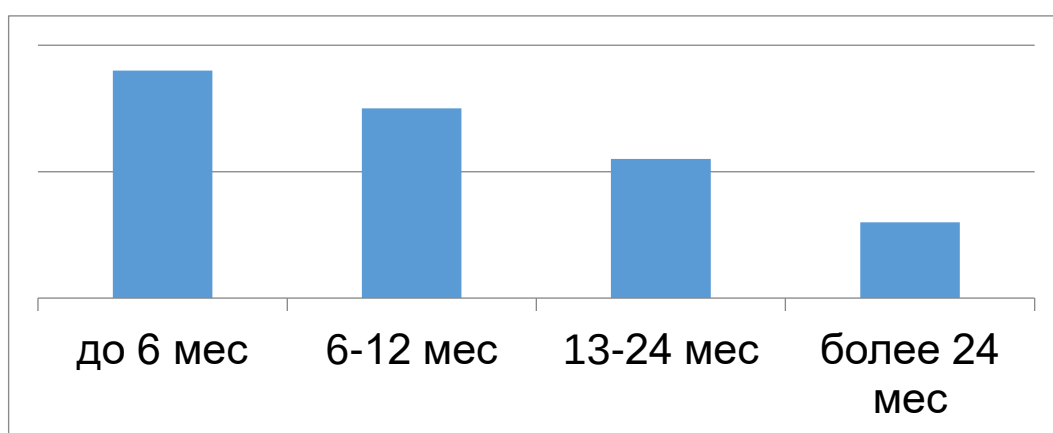


Рис 13 – Периоды рецидива грыж межпозвонковых дисков после микродискэктомии.

По уровню возникновения грыж значимых различий между подгруппами выявлено не было. Они с одинаковой частотой диагностировались на L4–L5 и L5–S1 позвоночно-двигательных сегментах (таб 5).

Таблица.5 – Уровни поражения межпозвонковых дисков

Сегмент	Ia группа (n=50)	Ib группа (n=300)	P
L4–L5	150 (50,0%)	23 (46,0%)	0,12
L5–S1	150 (50,0%)	27 (54,0%)	0,12

В обеих подгруппах был определен тип грыж поясничных межпозвонковых дисков до первичной операции, которые градировались на протрузию, экструзию и секвестрированную грыжу (рис 13). При межгрупповом сравнении выявлено, что протрузионный тип грыж значимо чаще встречался в Ib группе, а экструзионный в Ia группе ($P=0,01$).

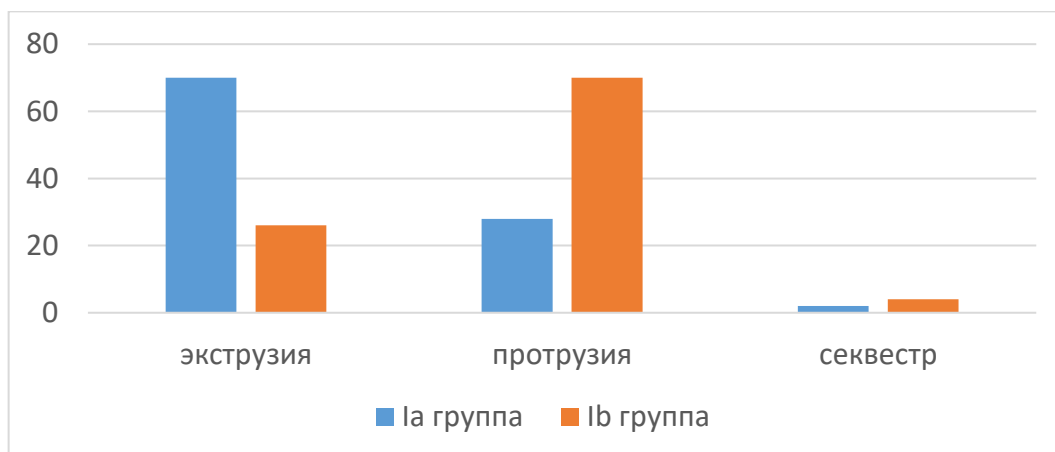


Рис. 13 – Распределение типов грыж в группах (выраженно в %)

Радиологическими параметрами, анализированными в группах, были следующие:

- Ретролистез
- Объем движения в пораженном ПДС
- Индекс высоты диска
- Состояние дугоотросчатых суставов по шкале Grogan
- Глубина поясничного лордоза
- Изменения замыкательных пластинок и красного костного мозга (Modic)
- Дегенерация межпозвонкового диска по Pfirrmann
- Тип межпозвонковых грыж

В нашем исследовании частота ретролистеза значимо отличалась в подгруппах ($P=0,01$). Его встречаемость была выше в Ib группе, чем в Ia группе (таб 6).

Таблица 6 – Встречаемость ретролистеза в группах

Ретролистез	Ia группа (n=300)	Ib группа (n=50)
имеется	33 (11%)	19 (38%)
отсутствует	267 (89%)	31 (62%)

Гипермобильность позвоночно-двигательного сегменты нами диагностировалась, когда объем движения в сегменте был $\geq 10^\circ$. Данной биомеханическое состояние было диагностировано значимо чаще в Ib группе (таб 7). Средний сегментарный сагиттальный объем движения в «рецидивной» группе составил $9,80 \pm 2,01^\circ$ и $7,60 \pm 1,75^\circ$ – в «безрецидивной». Данные показатели достоверно отличались в исследуемых группах ($P=0,01$) и имели значимую корреляционную связь с возникновением рецидива грыж межпозвонковых дисков ($\rho=0,39$). Исходя из приведенного анализа данного параметра в группах следует, что сегментарная гипермобильность является неблагоприятным фактором, который увеличивает риск повторного образования межпозвонковых грыж и реоперации.

Таблица 7 – Объем движения в сегменте в группах.

Объем движения в сегменте	Ia группа (n=300)	Ib группа (n=50)	P
$\geq 10^\circ$	44 (14,7%)	30 (60,0%)	0,01
$< 10^\circ$	256 (85,3%)	20 (40,0%)	0,01

Следующим оцениваемым параметром был индекс высоты диска, который оценивался как отношения высоты межпозвонкового диска к высоте тела вышележащего позвонка. При сравнительном анализе отмечены значимо большие показатели данного параметра в группе Ib ($P=0,01$) (рис 14).

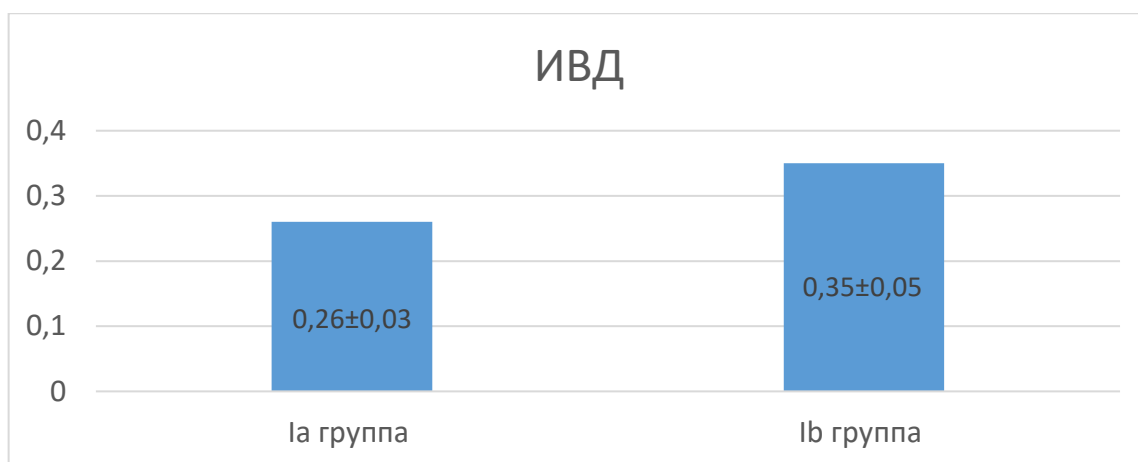


Рис 14 – Индекс высоты диска в группах.

Исследуя характеристики дугоотростчатых суставов были получены следующие результаты. Субхондральный склероз дугоотростчатых суставов по Grogan: в Ia группе значимо чаще встречались пациенты со 2 стадией ($P=0,01$), в Ib группе - с 3 стадией ($P=0,01$) (рис 15). Аналогичные результаты получены при исследовании дегенерации суставного хряща дугоотростчатых суставов по Grogan ($P=0,01$). Большинство пациентов, у которых отмечен рецидив грыж межпозвонковых дисков, имели 3 стадию дегенерации (рис 16).

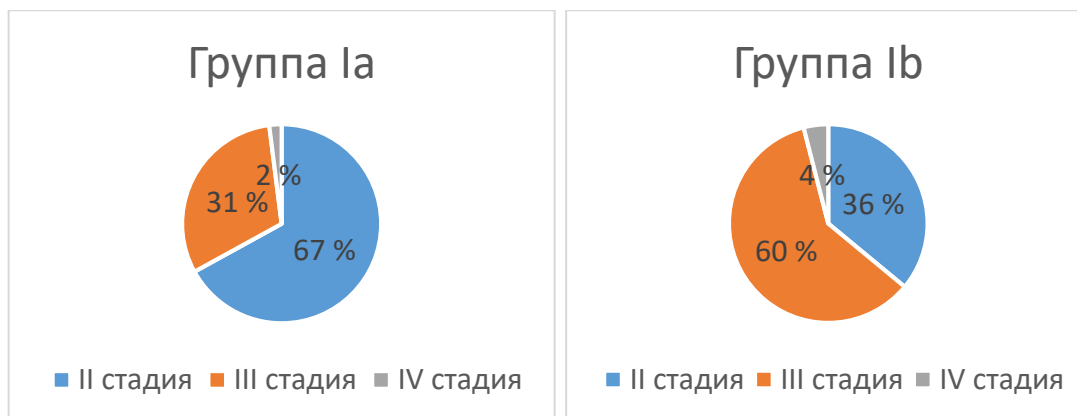


Рис 15 – Распределение стадий субхондрального склероза дугоотростчатых суставов в группах.

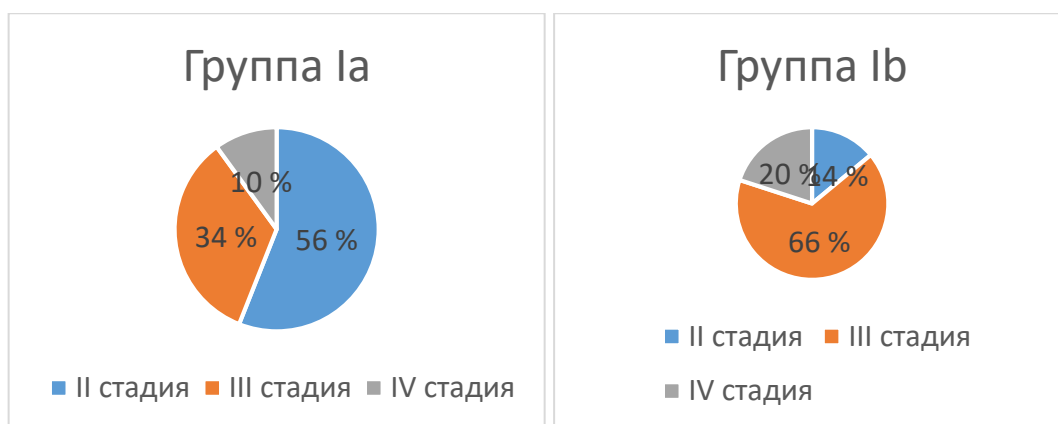


Рис 16 – Распределение стадий дегенерации суставного хряща в группах.

Поясничный лордоз, как один из важных биомеханических параметров, имеющих значимое влияние на качество жизни и исход хирургического лечения так же был проанализирован у пациентов с рецидивом грыж и без такового события. Нами отмечено, что средний угол лордоза в Ib группе был значительно меньше, чем в Ia группе, и составил $33,4 \pm 5,7^\circ$ против $47,1 \pm 8,2^\circ$ ($P=0,01$), соответственно. Данный факт указывает, что пациенты с рецидивом грыж чаще имеют 1 или 2 тип формы поясничного лордоза по Roussouly.

При анализе данных ретроспективной когорты пациентов отмечено превалирование изменений Modic I типа в группе пациентов с рецидивом грыж, а Modic 0 в «безрецидивной» (рис 17). Данный параметр имел значимую корреляционную связь с рецидивом межпозвонковых грыж ($r=0,44$). Таким образом, данный факт может свидетельствовать о неблагоприятном биомеханическом состоянии ПДС при выявлении изменений Modic I типа.

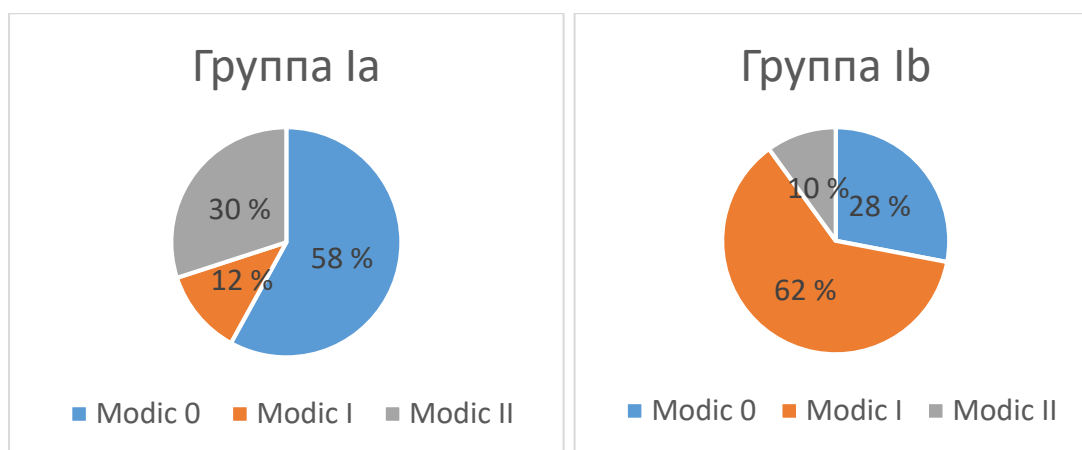


Рис 17 – Распределение изменений замыкательных пластинок тел смежных позвонков и прилегающего красного костного мозга по Modic в группах

Степень дегенеративных изменения межпозвонкового диска была нами оценена согласно градации Pfirrmann. В нашем исследовании были представлены пациенты только с III и IV стадиями дегенерации. Пациенты Ib группы имели значимо чаще умеренную III стадию дегенерации межпозвонкового диска, чем пациенты Ia группы ($P=0,01$), в которой превалировала более грубая IV стадии дегенерации (рис 18).

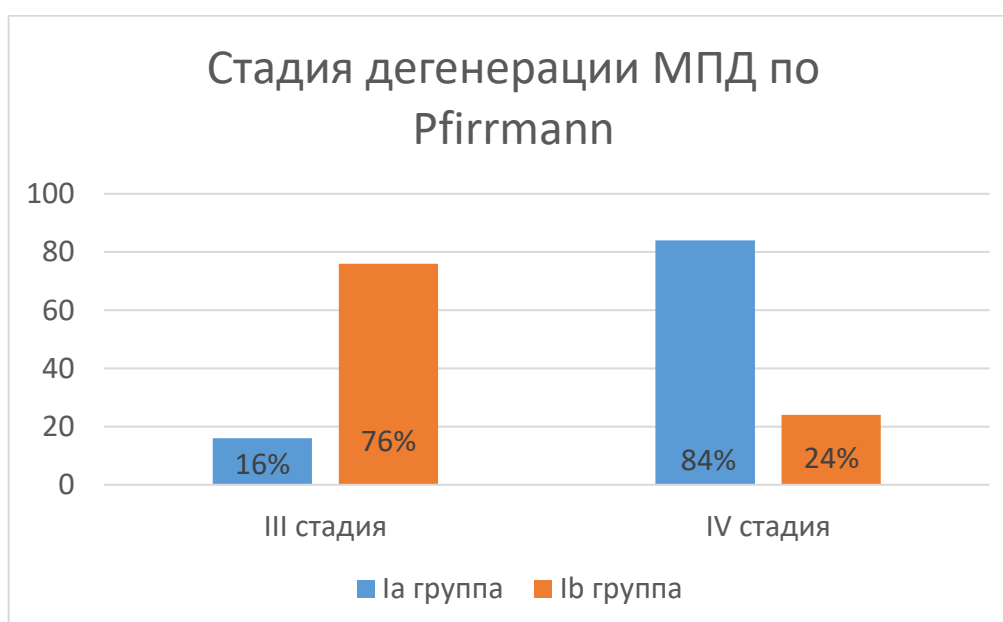


Рис 18 – Распределение пациентов в группах по стадиям дегенерации межпозвонковых дисков по классификации Pfirrmann

По результатам анализа распределения типа грыж поясничных межпозвонковых дисков отмечено, что протрузионный тип превалировал в группе Ib, а экструзионный в группе Ia. Эти различия имели достоверную значимость (таб 8).

Таблица 8 – Распределение типа грыж в группах

Тип грыжи диска	Ia группа (n=300)	Ib группа (n=50)	P
Экструзия	210 (70%)	13 (26%)	<0.01
Протрузия	84 (28%)	35 (70%)	<0.01
Секвестр	6 (2%)	2 (4%)	<0.04

3.2 Многофакторная модель логистической регрессии прогноза риска возникновения рецидива грыж поясничных межпозвонковых дисков и алгоритм принятия хирургического решения на основе предикторов их рецидива для дифференцированного подхода к выбору объема оперативного вмешательства.

Нами проведен анализ корреляционных связей радиологических параметров обеих групп ретроспективной когорт, которые включали индекс высоты межпозвонкового диска, сегментарный объем движения пораженного ПДС, поясничный лордоз, дегенерацию МПД по Pfirrmann, ретролистез, изменения Modic, тип межпозвонковых грыж, дегенерацию суставных хрящей и субхондральный склероз фасеточных суставов по Grogan. Данные анализа представлены в таб. 9. По результатам статистической обработки данных определены следующие значимые взаимосвязи: объем движения в сегменте с индексом высоты диска, стадия дегенерации диска по Pfirrmann с индексом высоты диска, стадия дегенерации диска по Pfirrmann с объемом движения в сегменте, стадия дегенерации суставного хряща со стадией субхондрального склероза по Grogan.

Таблица 9 – Корреляционный анализ радиологических параметров ретроспективной когорты пациентов. Примечание: * – связь между признаками значима, коэффициент корреляции $r > 0,3$

Параметры	ИВД	Объем движения сегмента	Дегенерации МПД по Pfirrmann	Дегенерация суставного хряща по Grogan	Субхондральный склероз по Grogan
ИВД	1	0,724*	0,586*	0,241	0,261
Объем движения сегмента	0,724*	1	0,472*	0,26	0,285
Дегенерации МПД по Pfirrmann	0,586*	0,472*	1	0,215	0,153
Дегенерация суставного хряща по Grogan	0,241	0,26	0,215	1	0,732*
Субхондральный склероз по Grogan	0,261	0,285	0,153	0,732*	1

Исследуя корреляционную связь радиологических параметров, отражающих на прямую или косвенно биомеханическое состояние позвоночно-двигательных сегментов, на уровне которых имелись межпозвонковые грыжи, с рецидивом грыж в ретроспективной когорте пациентов выявлено, что значимые отношения (корреляционный коэффициент Спирмена $r > 0,3$) отмечены у 6 параметров (индекс высоты межпозвонкового диска, стадия дегенерации межпозвонкового диска по Pfirrmann, тип межпозвонковой грыжи, объем движения в сегменте, угол поясничного лордоза) и в 26 случаях их комбинации, даже тех параметров, которые не имели самостоятельной значимости. Хотя данный анализ отражает лишь линейную зависимость признаков.

Для оценки влияния большого количества переменных был использован многофакторный регрессионный анализ. После установления признаков и их взаимодействия с рецидивом грыж (при $p > 0,3$), было создано уравнение регрессии:

$$p = \frac{\exp\left(\beta_0 + \sum_{j=1}^N \beta_j x_j\right)}{\exp\left(\beta_0 + \sum_{j=1}^N \beta_j x_j\right) + 1}$$

где: p – вероятность того, что у пациента с индивидуальным набором значений $x_1, x_2, \dots, x_r$ будет наблюдаться заболевание (в нашем случае – рецидив); β_j – это коэффициенты регрессии, на которые умножаются значения признаков и значения, полученные при взаимодействии признаков. Данные коэффициенты представляют собой значимость фактора в уравнении логистической регрессии; β_0 – это значимость свободного члена, т.е. единицы; X_j – это значения признаков и значения, полученные при взаимодействии признаков.

По данным регрессионного анализа были выявлены три фактора и одна их комбинация, которые имеют значимую связь с рецидивом грыж: индекс высоты межпозвонкового диска, объем движения в сегменте, поясничный лордоз и комбинация III стадии дегенерации межпозвонкового диска по классификации Pfirrmann с Modic I.

Для значимых параметров были определены отношения шансов. ИВД – увеличение параметра на 0.01 повышает шансы рецидива грыж в 2,2 раза. Объем движения в сегменте – увеличение параметра на 1° увеличивает шансы рецидива в 3,3 раз. Поясничный лордоз – уменьшение параметра на 1° увеличивает шансы рецидива в 1,7 раз.

Модель логистической регрессии прогноза рецидива поясничных межпозвонковых грыж имеет коэффициент детерминации $R^2=0,93$, что указывает на 93% точность предсказания (рис 19)

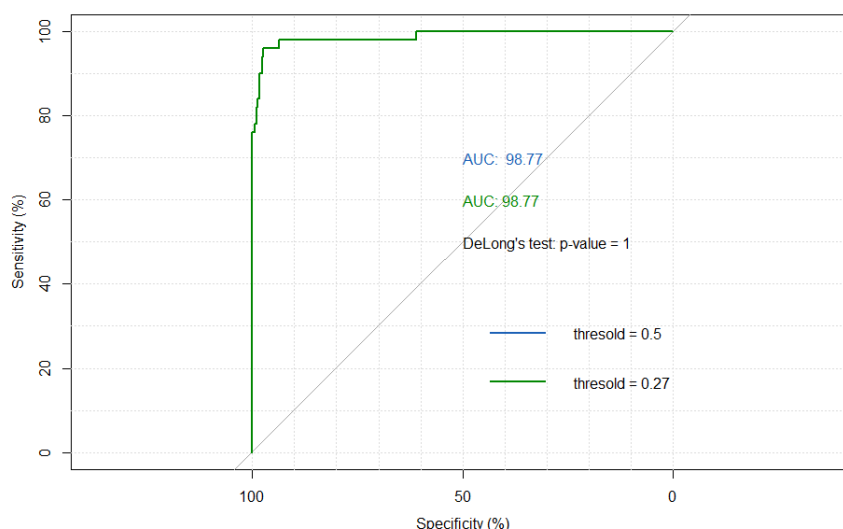


Рисунок 19. ROC кривые уравнения регрессии.

На основе данной модели был создан калькулятор, позволяющий определять вероятность рецидива по введенным значениям параметров (рис 20). Вероятность выражается в десятичных единицах, где 0.0 – это 0%, а 1.0 – 100%.

Рисунок 20 – Интерфейс калькулятора для определения вероятности возникновения рецидива поясничных межпозвонковых грыж

На основании анализа радиологических параметров пораженного ПДС и поясничного отдела позвоночника, у пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков, и модели логистической регрессии прогноза риска их рецидива, был разработан алгоритм, позволяющий дифференцированно подходить к выбору тактики хирургического лечения (рис 21).

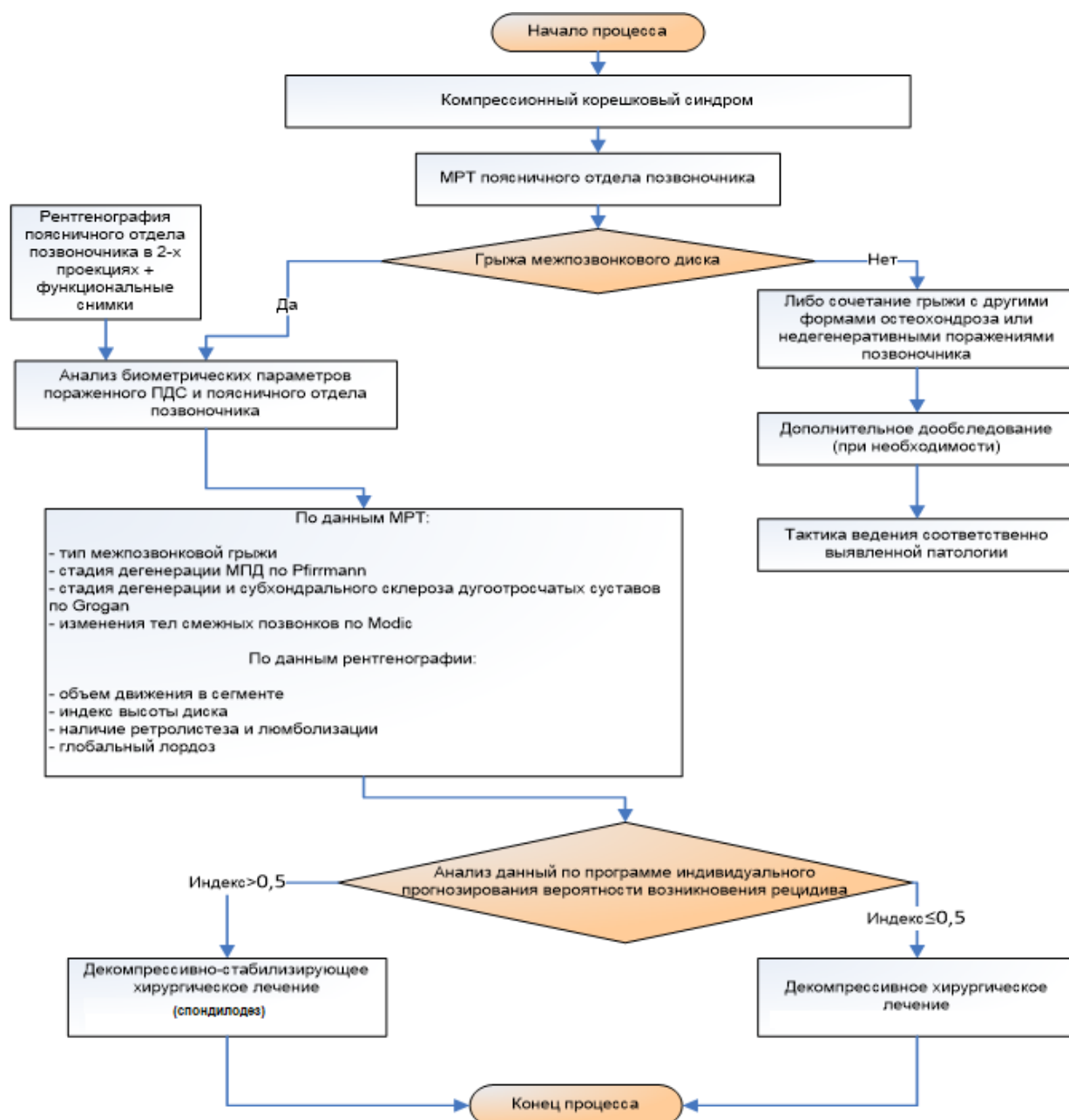


Рисунок 21 – Алгоритм принятия решений при хирургическом лечении пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков

Представленный алгоритм позволяет определять вид хирургической технологии при оказании помощи пациентам с грыжами поясничных межпозвонковых дисков. При высокой вероятности рецидива технологией, направленной на исключение повторного обзования грыж, является ригидная

фиксация пораженного ПДС, хотя это приводит к увеличению степени хирургической агрессии.

Клинический пример.

Пациентка П., 48 лет, обратилась с жалобами на боли в поясничном отделе позвоночника, и по наружной поверхности правого бедра и голени.

Анамнез заболевания: болевой синдром в правой ноге и поясничном отделе позвоночника около 3 мес. Обследована. МРТ поясничного отдела позвоночника – грыжа межпозвонкового диска на уровне L4-L5 справа. Болевой синдром резистентен к консервативной терапии в течении 2 мес.

Неврологический статус: Сила в ногах достаточная, рефлексы с ног: коленные D=S, ахилловы и подошвенные D=S. Гипестезия в зоне дерматома L5 корешка справа. ФТО не нарушена. Симптом Ласега справа 30°.

Интенсивность болевого синдрома: VAS спина – 4, VAS нога – 6. Качество жизни по ODI – 46%.

По данным МРТ и рентгенографии поясничного отдела позвоночника отмечено: ИВД – 0,39, поясничный лордоз – 41°, объем движения в сегменте – 11°, III стадия дегенерации МПД по Pfirrmann, изменения Modic 0 тип, люмболизации нет, склероз дугоотросчатых суставов по Grogan – II ст, дегенерация дугоотросчатых суставов по Grogan – III ст, протрузионный тип межпозвонковой грыжи, ретролистеза нет. Согласно созданному уравнению логической регрессии рассчитан риск рецидива грыжи, он составил 88%.

Пациентке проведено хирургическое вмешательство – интерламинэктомия L4-L5 справа, микрохирургическое удаление грыжи диска. Была удалена часть фиброзного кольца и пульпозного ядра, пролабиравшие внутрь позвоночного канала, а также нуклеэктомия без кюретажа замыкательным пластинок. После операции отмечено купирование корешкового болевого синдрома. Пациентка выписана на 4 сутки. VAS спина – 2, VAS нога – 0.

Через 8 мес. отмечен рецидив болевого синдрома в правой ноге. VAS спина – 3, VAS нога – 5. По данным контрольного обследования выявлен рецидив грыжи межпозвонкового диска на ранее оперированном уровне L4-L5.

На рис 22, 23 представлены МРТ сканы пациентки до операции и на период рецидива.



Рисунок 22 – МРТ поясничного отдела позвоночника пациентки П. до операции: а – сагиттальный срез, б – аксиальный срез

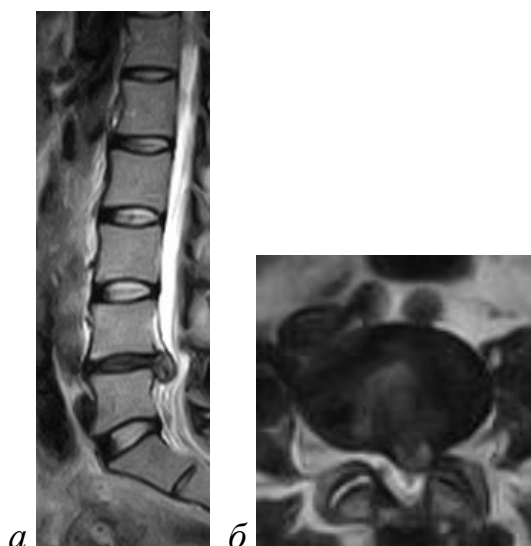


Рисунок 23 – МРТ поясничного отдела позвоночника пациентки П. через 8 мес после операции (рецидив грыжи L4-L5 слева): а – сагиттальный срез, б – аксиальный срез

3.3 Клинико-радиологическая характеристика и исходы хирургического вмешательства проспективной группы пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков, тактика лечения которых основывалась на предложенном алгоритме.

Дизайн исследования проспективной группа был следующим - проспективное сплошное исследование результатов хирургического лечения 514 пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков на уровнях L4-L5 и L5-S1. Период проведения исследования - с января 2013 по декабрь 2014 года. Все пациенты имели корешковый болевой синдром длительностью более 6 недель и резистентный к консервативной терапии. На дооперационном этапе проводился анализ клинических данных (индекс массы тела (ИМТ), курение) и радиологических параметров поясничного отдела позвоночника и пораженного позвоночно-двигательного сегмента (индекс высоты межпозвонкового диска (ИВД), сагиттальный объем движения в сегменте, поясничный лордоз, тип грыжи межпозвонкового диска, стадия дегенерации межпозвонкового диска по Pfirrmann), изменения Modic. Данные параметры были взяты в исследование, т.к. на по результатам ретроспективного исследования они определены как значимые факторы, влияющие на исход микродискэктомии при грыжах поясничных межпозвонковых дисков. С помощью многофакторной модели логистической регрессии была определена вероятность рецидива грыжи поясничного диска у каждого пациента. Ее расчет осуществлялся двумя врачами независимо друг от друга. При получении различающихся данных проводился их перерасчет до достижения идентичных показателей.

Тактика хирургического вмешательства II группы пациентов зависела от показателя вероятности повторного образования грыжи диска, что и явилось основанием для формирования двух подгрупп. В IIa группу вошли пациенты с низкой вероятностью рецидива (менее 50%). Им выполнялась открытая

микродискэктомия. В IIb подгруппу вошли пациенты с вероятностью рецидива более 50%, которым проводилась ригидная фиксация позвоночно-двигательного сегмента, используя трансфораминальный или задний межтеловой спондилодез в сочетании с траспедикулярной фиксацией, что исключало повторное образование грыжи межпозвонкового диска. Все операции выполнялись врачами, специализирующимися в области спинальной хирургии и имеющими стаж работы более 5 лет. Катамнез пациентов был прослежен на протяжении 3 лет после хирургического вмешательства.

Группа IIa состояла из 497 (96,7%) пациентов, IIb группа – 17 (3,3%) пациентов. Через 3 года после хирургического вмешательства для исследования было доступно 459 (92,9%) человек в IIa группе и 15 (88,2%) человек в IIb группе.

Проведена оценка следующих клинических и радиологических параметров:

- Возраст
- Индекс массы тела
- Курение
- Индекс высоты диска
- Объем движения в сегменте
- Глубина поясничного лордоза
- Изменения замыкательных платинок по типу Modic
- Дегенерация межпозвонкового диска по Pfirrmann
- Тип грыжи межпозвонкового диска

Данные клинических параметров проспективной группы представлены в таб 10. Пациенты с исходным высоким риском рецидива грыж были старше и имели более высокий ИМТ, однако значимых различий с группой низкого риска

(IIa) по данным параметрам не выявлено. Однако факт курения статистически значимо различался между группами. Пациенты с высоким риском рецидива чаще являлись курильщиками.

Таб.10 Результаты статистического анализа клинических параметров.

Символом ‘’ обозначены статистически значимо различающиеся показатели.*

Показатели	IIa подгруппа (n=497)	IIb подгруппа (n=17)	Разница [95% ДИ]	p-уровень
возраст	42 [35; 52]	44 [38; 50]	1 [-4; 7]	0.646
ИМТ	27 [24.2; 30.2]	28.35 [24.12; 31.38]	0.9 [-1.5; 3.5]	0.456
курение	82, 16% [13%; 20%]	7, 41% [22%; 64%]	3.5 [1.1; 10.6]	0.016*

Высота межпозвонкового диска, выраженная в виде ИВД значимо различалась в группах, при этом пациенты IIb группы имели большие значения параметров (разница [95% ДИ]) - 0.06 [0.04; 0.08], $p < 0.001$ (рис 24).

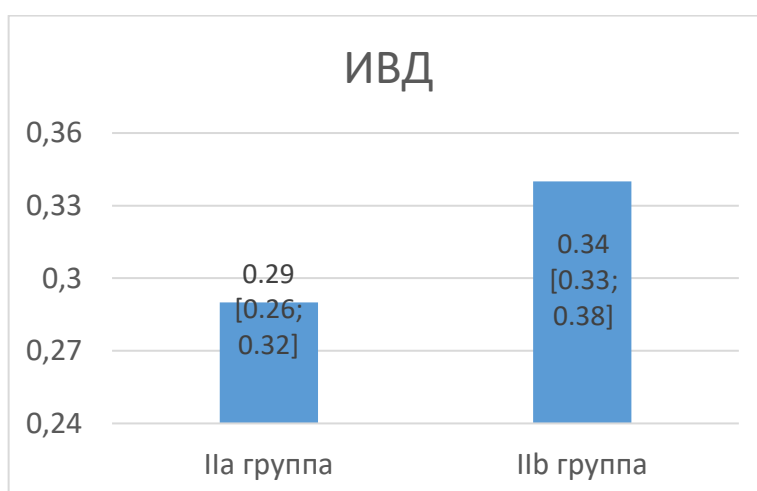


Рис. 24. Сравнение ИВД между группами IIa и IIb.

Объем движения в пораженном позвоночно-двигательном сегменте также значимо различался между группами (разница [95% ДИ]) - 5 [4; 6],

$p < 0.001$). Пациенты исходно высоким риском рецидива межпозвонковых грыж имели большую сегментарную мобильность (рис 25).



Рис 25. Сравнение сагиттального сегментарного объема движения между группами IIa и IIb.

Поясничный лордоз является важным биомеханическим параметром, который отражает и влияет на исход дегенеративного каскада поражений межпозвонковых дисков. В настоящем исследовании в IIb группе (пациенты с высокой вероятностью рецидива грыж) значения данного параметра были значительно меньше, чем у пациентов с низкой вероятностью рецидива (разница [95% ДИ] – «-» 7 [-10; -4], $p < 0.001$) (рис 26). По результатам данного анализа можно предположить, что пациенты, имеющие I или II тип формы поясничного лордоза по Roussouly, имеют выше шансы на повторное образование грыж, что согласуется с данными, полученными при анализе ретроспективной когорты пациентов.

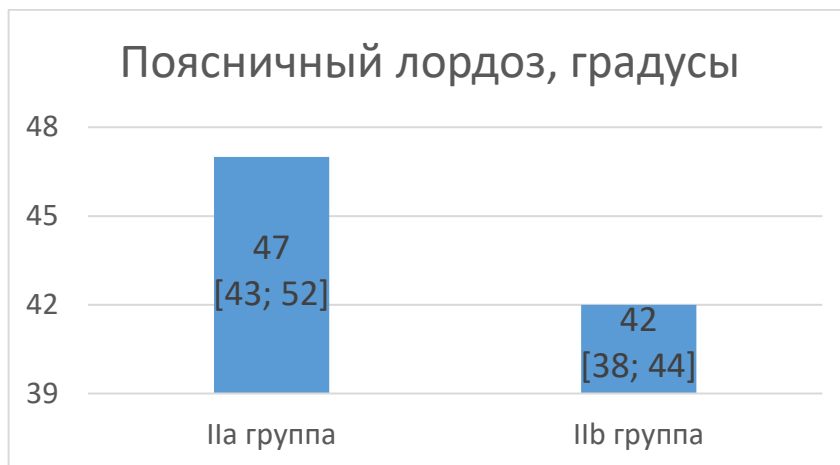


Рис 26. Поясничный лордоз в группах IIa и IIb.

Данные результатов сравнительного анализа типов изменений замыкательных пластинок и прилегающего красного костного мозга (Modic), стадий дегенерации межпозвонковых дисков по Pfirrmann и типов межпозвонковых грыж представлены в таб 11. В настоящем исследовании в группах IIa и IIb отмечены значимые различия по данным параметрам.

Изменения Modic, как косвенный маркер биомеханического состояния позвоночно-двигательного сегмента, имели существенные различия между группами. У пациентов с высоким риском возникновения рецидива межпозвонковых грыж (IIb) превалировали изменения Modic I типа, который по данным ряда авторов указывает на биомеханическую несостоятельность пораженного ПДС. В группе больных с низкой вероятностью возникновения рецидива превалировали пациенты с отсутствием структурных изменений в телах позвонков (Modic 0) и пациенты с изменениями по типу Modic 2. Ни в одной подгруппе не встретились пациенты с изменениями типа Modic 3.

В группе пациентов с высоким риском возникновения рецидива межпозвонковых грыж (IIb) превалировали пациенты с III стадией дегенерации диска по Pfirrmann, а в IIa группе – с IV стадией.

По нашим данным пациенты IIb группы имели значимо большую частоту встречаемости протрузионного типа грыж по сравнению с пациентами IIa группы, у которых превалировал экструзионный тип грыжи. Межгрупповое сравнение показало значимые различия по данному параметру. Секвестрированный тип грыжи встречался с одинаковой частотой в обеих подгруппах без достоверной статистической разницы.

Таб.11 Результаты статистического анализа радиологических параметров.

Символом ‘’ обозначены статистически значимо различающиеся показатели.*

Показатели		IIa группа (n=497)	IIb группа (n=17)	Разница [95% ДИ]	p-уровень
Тип Modic		0 - 272 (54.7%) 1 - 40 (8.1%) 2 - 185 (37.2%) 3 - 0 (0%)	0 - 5 (29.4%) 1 - 9 (52.9%) 2 - 3 (17.6%) 3 - 0 (0%)		<0.001*
Стадия дегенерации диска по Pfirrmann (III:IV)		3 - 101 (20.3%) 4 - 396 (79.7%)	3 - 11 (64.7%) 4 - 6 (35.3%)		<0.001*
Тип грыжи	Протрузия	83, 17% [14%; 20%]	12, 71% [47%; 87%]	11.9 [3.8; 44.2]	<0.001*
	Экструзия	391, 79% [75%; 82%]	4, 24% [10%; 47%]	0.1 [0; 0.3]	<0.001*
	Секвестр	23, 5%	1, 6%	1.3 [0; 9]	0.562

		[3%; 7%]	[1%; 27%]		

За период наблюдения (3 года с момента операции) в обеих группах проспективной когорты были события, потребовавшие проведения повторного хирургического вмешательства. В Ia группе в 8 (1,6%) случаях отмечен клинически значимый и резистентный к консервативному лечению рецидив грыжи межпозвонкового диска на том же уровне с ипсилатеральной стороны, потребовавший проведения ревизионной операции. В Ib группе проведено два повторных хирургических вмешательства. В первом случае ревизионная операция проведена по поводу глубокой инфекции области хирургического вмешательства, развившемся к 12 дню после операции, во втором - через 16 месяцев по поводу развития патологии вышележащего сегмента. Таким образом, частота ревизионного хирургического вмешательства составила 10 (2%) пациентов в проспективной когорте.

3.4 Сравнительный анализ риска реопераций у пациентов ретро- и проспективной когорт методом Propensity Score Matching.

Перед статистическим исследованием был проведен разведочный анализ данных для проверки нормальности распределений показателей в группах, выявления выбросов, определения степени корреляции показателей внутри когорт. Критерий Шапиро-Уилка показал, что все непрерывные показатели распределены ненормально, кроме параметра «поясничный лордоз» (таб 12).

Таблица 12. Проверка нормальности непрерывных показателей в группах контроля и лечения до PSM критерием Шапиро-Уилка.

Показатель	до PSM	
	I группа (N = 350), р-уровень	II группа (N = 514) р-уровень
Возраст	0.001	0

ИМТ	0	0
ИВД	0	0
Объем движения в сегменте, градусы	0	0
Поясничный лордоз, градусы	0.002	0

Найдена слабая корреляция между индексом высоты диска и сагиттальным объемом движения в сегменте (коэффициент корреляции Пирсона $r = 0.36$, $p < 0.001$) (таб 13).

Таб 13. Корреляция Пирсона между дооперационными показателями

	пол	курение	ИВД	Объем движения в сегменте	Поясничный лордоз	Modic	Тип грыж
пол	1.00	-0.04	0.01	-0.06	0.07	0.04	-0.04
курение	-0.04	1.00	0.07	0.19	-0.12	0.04	-0.11
ИВД	0.01	0.07	1.00	0.36	0.02	-0.15	0.00
Объем движения в сегменте	-0.06	0.19	0.36	1.00	-0.11	-0.15	-0.19
Поясничный лордоз	0.07	-0.12	0.02	-0.11	1.00	-0.05	0.16
Modic	0.04	0.04	-0.15	-0.15	-0.05	1.00	-0.01
Тип грыж	-0.04	-0.11	0.00	-0.19	0.16	-0.01	1.00

В ретроспективной и проспективной когортах статистически значимо различались предоперационные показатели: пол ($p = 0.027$), доля курящих ($p < 0.001$), индекс высоты диска ($p < 0.001$), сагиттальный сегментарный объем движения ($p < 0.001$), поясничный лордоз ($p < 0.001$), изменения Modic ($p < 0.001$) и тип межпозвонковых грыж ($p < 0.001$). Для устранения возможного влияния выявленных неоднородностей на количество реопераций в группах был применен метод PSM (метод “ближайшего соседа” с калибром равным 0.1 и соотношением групп 1:1), который вывел из рассмотрения в группах

пациентов, несоответствующих по совокупности значимо различающихся предоперационных показателей (таблица 14).

Таблица 14. Размеры групп после PSM

	I группа	II группа
Все пациенты	350	514
Сопоставленные пациенты	37	37
Несопоставленные пациенты	310	463
Исключенные	3	14

Сравнение показателей между группами до и после PSM представлены в таблице 15. Исходя из данных анализа видно, что до применения метода PSM для достижения сопоставимости групп частота реоперации в I группе составила 14% [11%;18%] против 2% [1%;4%] в группе II. Поскольку группы значимо отличались по ряду предоперационных показателей, то полученные данные могли быть ложноположительными. Применив метод PSM была исключена данная возможная системная ошибка. Но, и в этом случае доля реопераций в группах статистически значимо различалась 35% [22%;51%] и 5% [1%;18%], соответственно.

Таб.15 Результаты статистического анализа данных пациентов до и после применения метода PSM и после.

Символом ‘*’ обозначены статистически значимо различающиеся показатели

Показатели	до PSM				после PSM			
	I группа N = 350	II группа N = 514	разница	р- уровень	I группа N = 37	II группа N = 37	разница	р- уровень

Пол, муж/жен	161, 46% [41%; 51%]	276, 54% [49%; 58%]	1.4 [1; 1.8]	0.027*	17, 46% [31%; 62%]	16, 43% [29%; 59%]	0.9 [0.3; 2.5]	>0.999
возраст	42 [34; 50]	42 [35; 52]	1 [0; 3]	0.147	47 [38; 54]	41 [37; 50]	-4 [-9; 2]	0.153
Курение	116, 33% [28%; 38%]	89, 17% [14%; 21%]	0.4 [0.3; 0.6]	<0.001*	12, 32% [20%; 49%]	8, 22% [11%; 37%]	0.6 [0.2; 1.8]	0.433
ИМТ кг/м2	26.705 [23.9; 29.78]	27 [24.2; 30.3]	0.24 [-0.37; 0.84]	0.453	28.76[25.7 3; 30.39]	25.95 [23.5; 30.1]	-2.1 [-4.22; 0.15]	0.065
ИВД	0.26 [0.23; 0.29]	0.29 [0.26; 0.32]	0.02[0.0 2; 0.03]	<0.001*	0.27 [0.25; 0.31]	0.27 [0.25; 0.33]	0 [-0.03; 0.03]	0.970
Сагиттальны й сегментарны й объем движения, градусы	8 [6; 9]	4 [3; 5]	-4 [-4; -4]	<0.001*	9 [6; 10]	7 [5; 9]	-1 [-3; 0]	0.066
Поясничный лордоз, градусы	44.2 [39.12; 50.75]	47 [43; 52]	3.2 [2.2; 4.2]	<0.001*	42.1 [36.9; 46.3]	43 [40; 48]	1.7 [-1.7; 5.7]	0.315
Тип Modic I/II,III,0	0 - 188 (53.7%) 1 - 68 (19.4%)	0 - 277 (53.9%) 1 - 49 (9.5%)		<0.001*	0 - 18 (48.6%) 1 - 11 (29.7%)	0 - 20 (54.1%) 1 - 6 (16.2%)		0.350

	2 - 94 (26.9%)	2 - 188 (36.6%)			2 - 8 (21.6%)	2 - 11 (29.7%)		
Стадия дегенерации диска по Pfirrmann (III:IV)	3 - 86 (24.6%) 4 - 264 (75.4%)	3 - 112 (21.8%) 4 - 402 (78.2%)		0.365	3 - 10 (27%) 4 - 27 (73%)	3 - 15 (40.5%) 4 - 22 (59.5%)		0.326
тип грыж протрузия экструзия секвестр	1 - 120 (34.3%) 2 - 223 (63.7%) 3 - 7 (2%)	1 - 95 (18.5%) 2 - 395 (76.8%) 3 - 24 (4.7%)		<0.001*	1 - 18 (48.6%) 2 - 17 (45.9%) 3 - 2 (5.4%)	1 - 16 (43.2%) 2 - 19 (51.4%) 3 - 2 (5.4%)		0.927
Уровень L4-L5 L5-S1	0 - 173 (49.4%) 1 - 177 (50.6%)	0 - 253 (49.2%) 1 - 261 (50.8%)		>0.999	0 - 17 (45.9%) 1 - 20 (54.1%)	0 - 20 (54.1%) 1 - 17 (45.9%)		0.642
Реоперации	50, 14% [11%; 18%]	10, 2% [1%; 4%]	0.1 [0.1; 0.2]	<0.001*	13, 35% [22%; 51%]	2, 5% [1%; 18%]	0.1 [0; 0.5]	0.003*

Сравнение свободы от повторной реоперации между группами проводилось логарифмическим ранговым критерием с построением кривых выживаемости Каплан-Мейера и с вычислением отношения рисков с помощью модели пропорциональных рисков Кокса. Как видно из **рис 27** последняя реоперация во II группе была через 16 мес, в I группе через 30 мес. Расхождение по свободе от реопераций в группах случилось максимум через 1 год после

хирургического вмешательства, риск реоперации во II группе в 0.13 [0.03; 0.58] раза ниже, чем в I группе ($p = 0.002$).

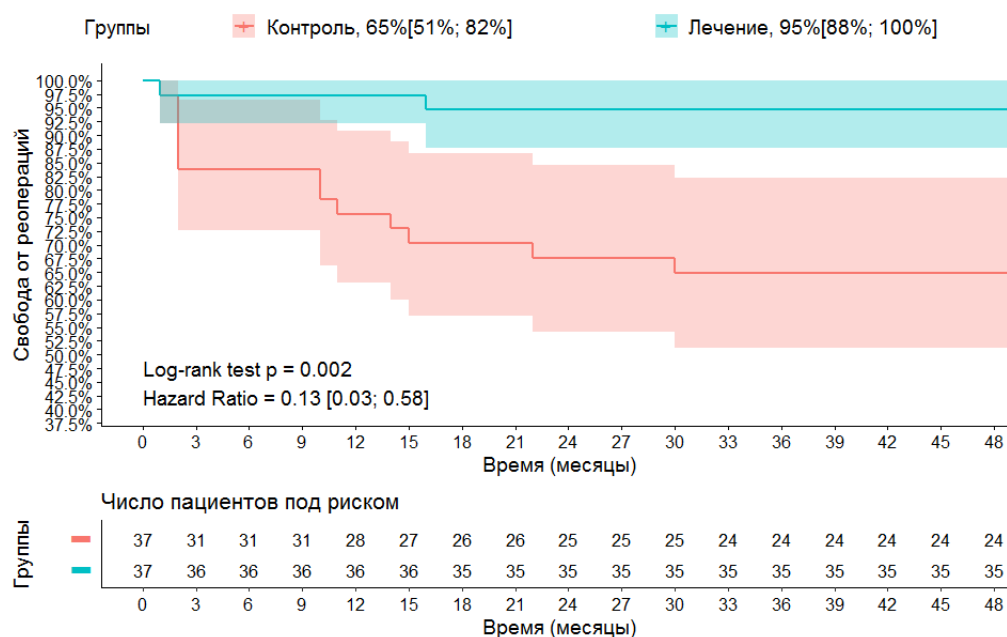


Рисунок 27. Кривые Каплан-Мейера свободы от реопераций после PSM

Ограничения исследования. Для анализа были использованы только значения дооперационных параметров, оцениваемые по данным МРТ и рентгенографии. Не учитывались интраоперационные характеристики, такие как размер дефекта фиброзного кольца и объем удаленного дискового материала, которые могут иметь прогностическую ценность в отношении рецидива грыж. Однако, эти параметры не могут быть известны до хирургического вмешательства, а наше исследование предполагает изучение дооперационных факторов. Для анализа были использованы данные пациентов, которым проведено микрохирургическое удаление грыж дисков только на одном из ниже-поясничных уровней (L4-L5 и L5-S1). Поэтому экстраполировать полученные результаты на пациентов с микродискэктомией на других уровнях необходимо с особой осторожностью. Длительность настоящей работы ограничена 3-мя годами, что не исключает наступление неблагоприятных событий в более поздний период. А также, к концу исследования ряд пациентов не были доступны для включения их данных в

анализ. В конце исследования связь с пациентами была в 92,9% в IIa группе и 88,2% - в IIb группе.

Резюме к Главе 3.

На ретроспективной группе из 350 пациентов выполнено определение факторов риска возникновения рецидива поясничных межпозвонковых грыж. Путем регрессионного анализа были выявлены три фактора и одна их комбинация, которые имеют значимую связь с рецидивом грыж: **индекс высоты межпозвонкового диска, объем движения в сегменте, поясничный лордоз и комбинация III стадии дегенерации межпозвонкового диска по классификации Pfirrmann с изменениями типа Modic I.** Так же было создано уравнение логистической регрессии, позволяющее по введенным значениям параметров определять вероятность возникновения рецидива грыж (выраженное в %). Для удобства создан калькулятор, что позволило разработать алгоритм, позволяющий дифференцированно подходить к выбору тактики хирургического лечения в виде обоснованного применения стабилизирующих конструкций. Данный алгоритм был апробирован на проспективной группе пациентов из 514 (группа II) пациентов. Пациентам с высоким риском рецидива выполнялся спондилодез, с низким – микродискэктомия. У данных когорт пациентов были проанализированы предоперационные клиничко-радиологические данные и исход хирургического лечения. Используя статистический метод PSM проспективная (514 пациентов) и ретроспективная (350 пациентов) группы были сопоставлены по оцениваемым дооперационным радиологическим параметрам, после чего отмечено, что частота реоперации в группе с измененной тактикой была значительно ниже: 13,35% [22%; 51%] в группе II против 2,5% [1%; 18%] в группе I ($p=0.003$). Таким образом, алгоритм дифференцированной тактики при планировании хирургического лечения пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков, основанный на многофакторной модели логистической регрессии прогноза риска рецидива,

позволяет значительно снизить частоту реопераций у пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков.

Глава 4. Оптимизация хирургической тактики лечения пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков путем усовершенствования алгоритма принятия решений за счет использования способа профилактики рецидива поясничных межпозвонковых грыж.

Для решения задач 2 и 3 настоящей работы было проведено исследование следующего дизайна - проспективное обсервационное исследование данных 133 пациентов, которым проведена микродискэтомия с применением технологии закрытия дефекта фиброзного кольца при грыжах поясничных межпозвонковых дисков. Кроме того, проведено сравнение клинικο-рентгенологических данных и результатов хирургического лечения данной когорты пациентов с данными 350 пациентов ретроспективной когорты (характеристики группы смотреть в главе 3).

Микродискэтомия дополнялась закрытием дефекта фиброзного кольца имплантатом Barricaid (Intrinsic Therapeutics, Inc., Woburn, MA, USA). Период выполнения исследования 2012-2016 года. Оценивали клинικο-радиологические данные пациентов до операции, через 3, 6 и 12 месяцев.

Критерии включения в исследование:

- латеральные грыжи межпозвонковых дисков на уровнях L4-L5, L5-S1 сегментов;
- резистентность к консервативному лечению более 6 нед, в более ранние сроки – гипералгический вариант течения болевого синдрома, нарастание неврологического дефицита;
- высота межпозвонкового диска в задних отделах ≥ 5 мм по данным МСКТ поясничного отдела позвоночника;
- ширина дефекта фиброзного кольца от 6 до 12 мм.

Критериями исключения из исследования:

- дегенеративный стеноз позвоночного канала;

- спондилолистез любой этиологии;
- сегментарная нестабильность;
- оссификация грыжи МПД;
- ранее проведенные декомпрессивные и декомпрессивно-стабилизирующие хирургические вмешательства на позвоночнике
- остеофиты тел смежных позвонков, пораженного ПДС;
- структуральные деформации позвоночника;
- возраст менее 18 и более 60 лет;
- пациенты с нарушением минеральной плотности кости (Т-критерий <-2,0);
- недегенеративные поражения позвоночника (травматические, онкологические, воспалительные).

В таб 16 представлены сроки и методы обследования пациентов настоящего исследования.

Таб 16. Сроки и методы обследования пациентов проспективного исследования

Сроки Методы Обследования	До операции	При выписке	Через 3 мес.	Через 6 мес.	Через 12 мес.
Информированное согласие пациента на оперативное вмешательство	+	-	-	-	-
Клинический осмотр, оценка неврологического статуса	+	+	+	+	+
Анкетирование VAS	+	+	+	+	+
Анкетирование ODI	+	-	+	+	+
Рентгенография ПОП в двух проекциях с функциональными пробами	+	-	+	+	+
MPT ПОП	+	-	-	+	+
МСКТ ПОП	+	-	-	+	+

4.1 Клинико-неврологическая характеристика и анализ дооперационных радиологических данных пациентов, которым проводилась микродискэктомия с пластикой дефекта фиброзного кольца.

В данном разделе представлены дооперационные характеристики 133 пациентов, соответствующих критериям включения.

Возраст пациентов составил от 18 до 60 лет (38.3 ± 10.7). Наибольшее количество пациентов соответствовало созростной категории 30-50 лет – 97 (72.9%) пациентов. По гендерному признаку имелись следующие данные: 73 (54,9 %) пациента были мужского пола, 60 (45,1 %) - женского. Средний ИМТ в когорте составил 26.7 ± 4.8 кг/м². Число курящих пациентов было 50.4%.

В зависимости от пораженного уровня распределение было следующим: L5-S1 – 63 (47.4%) пациентов, L4-L5 – 70 (52.6%) пациентов.

Значения основных дооперационных радиологических показателей пациентов проспективной когорты представлены в таб 17, из которой видно, что пациенты имели преимущественно умеренную стадию дегенерации межпозвонкового диска (III стадия по Pfirrmann), изменения Modic типа 0, умеренную высоту межпозвонкового диска, I-II тип поясничного лордоза по Ruossuoly, отсутствие гипермобильности в сегменте. Данные представленного анализа могут косвенно характеризовать пораженные позвоночно-двигательные сегменты как стабильные с точки зрения динамической биомеханики позвоночника.

Таб 17 – Основные радиологические характеристики пациентов

Параметры	Значения параметров (Mean ± SD or Proportion)
Изменения Modic	
0	83%
I	11%
II	6%
III	1%
Дегенерация МПД (шкала Pfirrmann)	
II	14%
III	77%
IV	9%
Дегенерация фасеточных суставов (шкала Grogan)	
I	23%
II	52%
III	24%
IV	1%
Субхондральный склероз дугоотросчатых суставов (шкала Grogan)	
I	47%
II	45%
III	8%
Поясничный лордоз (°)	41.9 ± 13.9

Объем движения в сегменте (°)	4.5 ± 2.5
Ретролистез	22%
Индекс высоты диска	0.28 ± 0.05

Распределение типов грыж на экструзию, протрузию и секвестрированные представлены на рис 27. По данным анализа можно заключить, что пациенты, соответствующие критериям включения в исследование имели преимущественно протрузионный тип грыж.

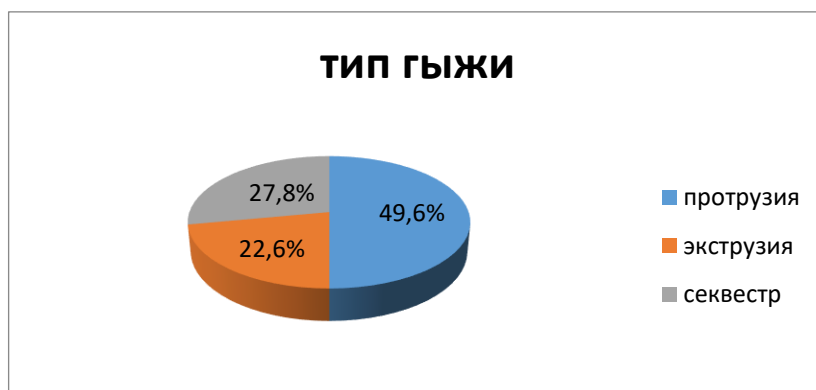


Рисунок 27 – Распределение типов межпозвонковых грыж проспективной группы

Клинические дооперационные данные болевого синдрома и качества жизни оценены шкалами ODI и VAS. Интенсивность болевого синдрома до операции составила VAS в спине - $4,4 \pm 1,41$ балла, VAS в ноге – $6,5 \pm 1,62$ балла, что указывало на превалирование корешкового болевого синдрома над локальным болевым синдромом в поясничном отделе позвоночника. Среднее значение индекса недееспособности в проспективной когорте составило $58,3 \pm 12,69\%$, что соответствовало тяжелым нарушениям физической дееспособности (рис 28)

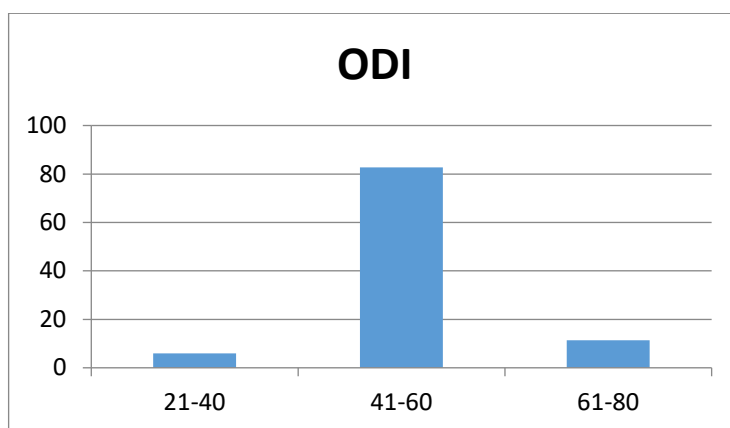


Рис 28. Распределение (%) пациентов в зависимости от тяжести недееспособности по ODI.

4.2 Оценка результатов хирургического лечения пациентов с микродискэктомией, дополненной технологией закрытия дефекта фиброзного кольца.

В общей сложности из 133 пациентов с микродискэктомией и пластикой дефекта фиброзного кольца имплантатом «Barricaid», соответствовавших критериям включения, были доступны для 126 пациентов (94,7%) через 12 месяцев после операции.

Хирургические характеристики. Продолжительность оперативного вмешательства составила 58 ± 16.6 мин, кровопотеря – $69,1 \pm 36,39$ мл. Средний послеоперационный койко-день – $7,3 \pm 1,62$ сут.

Частота интраоперационных осложнений составила 4,5 % (6 случаев): повреждение замыкательной пластинки, повреждение ТМО, рефлексорная задержка мочеиспускания, усугубление неврологического дефицита, постинтубационный фарингит, посткатетерный тромбофлебит левой верхней конечности. При повреждении замыкательной пластинки якорь имплантата был переустановлен в тело смежного позвонка. Дефект в ТМО был точечный, в зоне не доступной для проведения пластики, герметичное ушивание раны позволило избежать послеоперационной наружной ликвореи, клинических проявлений

данного осложнения не отмечено. Остальные осложнения были купированы консервативной терапией.

В послеоперационном периоде отмечено значимое снижение интенсивности болевого синдрома в ногах, что обусловлено купирование синдрома компрессии, при это болевой синдром в спине на момент выписки не имел столь значимой разницы. Однако, в период наблюдения (3, 6 и 12 месяцев) после оперативного вмешательства отмечено достоверное снижение болевого синдрома в области хирургического вмешательства, $p < 0,0001$ (рис 29). При оценке качества жизни по ODI в сроках наблюдения через 3, 6 и 12 месяцев выявлено значимое снижение его показателей ($p < 0,0001$) (рис 29).

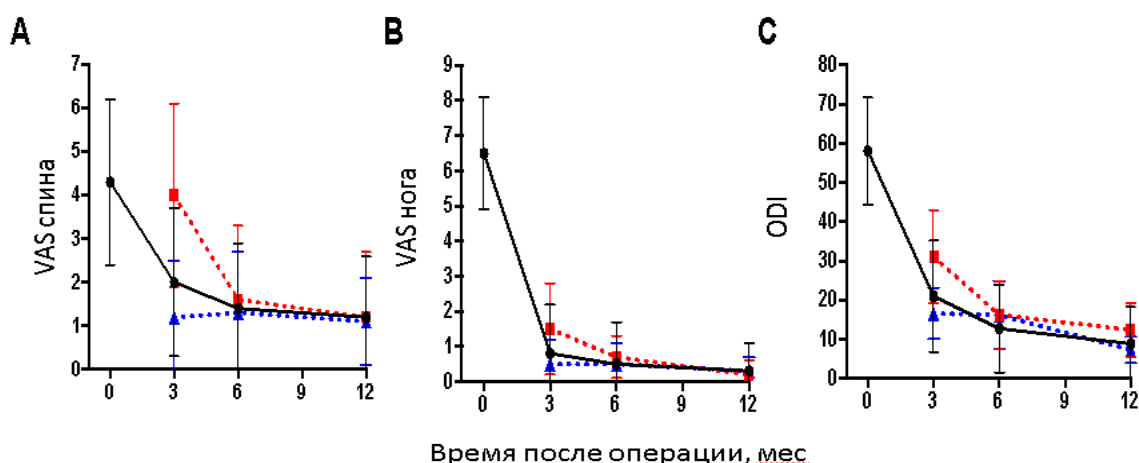


Рисунок 29 – Динамика болевого синдрома по VAS в спине (A), VAS в ноге (B) и качества жизни по ODI (C).

Радиологические результаты хирургического лечения пациентов проспективной когорты представлены в табл 18. По данным анализа можно отметить прогрессирование дегенерации оперированного межпозвонкового диска, что обусловлено увеличением числа пациентов с III и IV стадиями дегенерации по Pfirrmann и значимым снижением ИВД, а также косвенно об этом можно судить по нарастанию частоты зарегистрированных изменений замыкательных пластинок и прилегающего красного костного мозга (Modic I и II). Аналогичная тенденция отмечена при оценке дегенерации и субхондрального склероза по Grogan – прогрессирование данных изменений в

сторону повышения стадийности. При этом отмечено увеличение поясничного лордоза, что обусловлено купированием болевого синдрома, являющегося патогенетическим механизмом уплощения лордоза при грыжах поясничных межпозвонковых дисков.

Таб 18. Радиологические данные пациентов проспективной когорты до операции и через 12 мес.

Параметры	До операции (Mean $\pm$ SD or Proportion)	Через 12 мес после операции (Mean $\pm$ SD or Proportion)
Изменения Modic		
<i>0</i>	83%	69%
<i>I</i>	11%	16%
<i>II</i>	6%	14%
<i>III</i>	1%	1%
Дегенерация МПД (шкала Pfirrmann)		
<i>II</i>	14%	8%
<i>III</i>	77%	81%
<i>IV</i>	9%	11%
Дегенерация фасеточных суставов (шкала Grogan)		
<i>I</i>	23%	16%
<i>II</i>	52%	51%
<i>III</i>	24%	32%
<i>IV</i>	1%	2%
Субхондральный склероз дугоотросчатых суставов (шкала Grogan)		
<i>I</i>	47%	44%
<i>II</i>	45%	43%
<i>III</i>	8%	13%
Поясничный лордоз ($^{\circ}$)	41.9 $\pm$ 13.9	50.8 $\pm$ 8.8
Объем движения в сегменте ($^{\circ}$)	4.5 $\pm$ 2.5	5.6 $\pm$ 2.5
Ретролистез	22%	24%
Индекс высоты диска	0.28 $\pm$ 0.05	0.24 $\pm$ 0.05

За период 12 месяцев наблюдения частота клинически значимых рецидивов грыжи составила 1,5% (2/133 пациента). Однако, повторное образование грыж отмечено с контрлатеральной стороны на оперированном уровне. У одного пациента рецидив отмечен через 1 месяц, а у второго - через 6 месяцев. В обоих случаях выполнена микродискэктомия через интерламинарный доступ со стороны морфологического субстрата. Рецидива межпозвонковых грыж на стороне, где проводилась пластика дефекта фиброзного кольца, не отмечено. Еще у двух пациентов (1,5%) отмечен рецидив болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника, обусловленный очаговой резорбцией кости вокруг имплантата и сегментарной нестабильностью, что потребовало удаления имплантата «Barricaid» и проведения ригидной транспедикулярной и межтеловой фиксации, пораженного позвоночно-двигательного сегмента. Данное неблагоприятное событие выявлено у одного пациента через 3 месяца и у другого через 6 месяцев. В 6 случаях пациенты (4,5%) жаловались на постоянную боль в поясничном отделе позвоночника. При контрольных обследованиях (функциональная спондилография, МРТ и МСКТ поясничного отдела позвоночника), рецидива грыж межпозвонковых дисков, параимплантатной резорбции или сегментарной нестабильности не выявлено. Болевой синдром был расценен как проявление спондилоартроза, что подтверждалось диагностическими блокадами на область дугоотросчатых суставов.

Клинический пример.

Пациентка К., 27 лет, обратилась с жалобами на боли в поясничном отделе позвоночника, по задней поверхности правого бедра и голени.

Анамнез заболевания: болевой синдром в правой ноге и поясничном отделе позвоночника около 7 мес. Обследована. МРТ поясничного отдела позвоночника — грыжа межпозвонкового диска на уровне L5-S1 справа. Консервативная терапия без стойкого значимого эффекта.

Объективно. Неврологический статус: Сила в ногах достаточная, рефлексы с ног: коленные D=S, ахилловы и подошвенные D<S. Гипестезия в зоне дерматома S1 корешка справа. ФТО не нарушены. Симптом Ласега справа 45 градусов.

Интенсивность болевого синдрома: VAS спина – 2, VAS нога – 6. Качество жизни по ODI – 52%.

На рентгенограммах выявлены характерные признаки дегенеративного поражения поясничного отдела позвоночника (рисунок 30, В и Г). МРТ (рис 30 а, б) – грыжа межпозвонкового диска L5-S1 справа, спондилоартроз 1 степени.

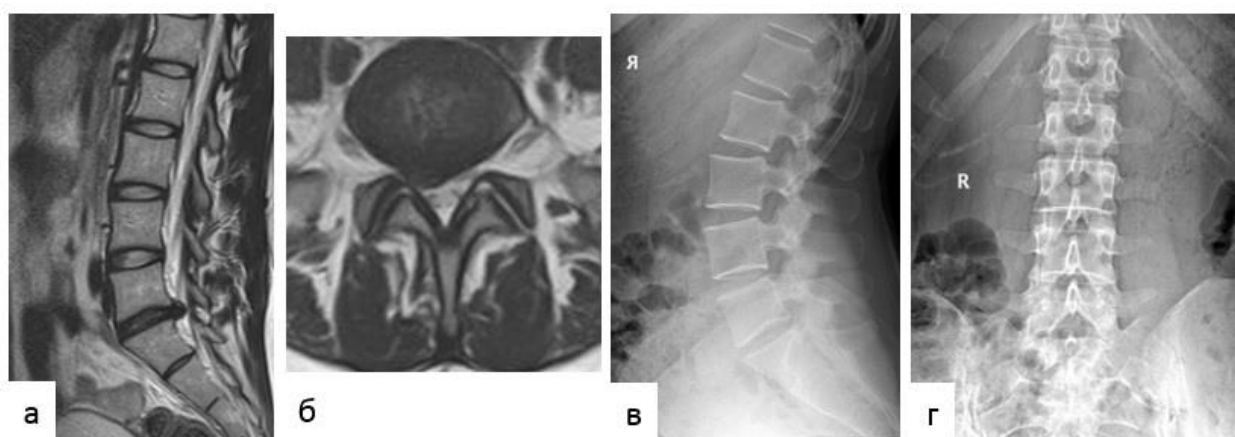


Рисунок 30 – МРТ поясничного отдела позвоночника (а, б), рентгенография (в,г).

Выполнено хирургическое вмешательство: интерламинэктомия L5-S1 справа, микрохирургическая декомпрессия корешков спинного мозга, удаление грыжи диска, пластика дефекта фиброзного кольца имплантатом «Barricaid». Длительность операции - 50 минут, объем кровопотери 30 мл, осложнений во время операции не отмечено. После операции корешковый болевой синдром полностью прошел. Пациентка выписана на 5 сутки. VAS спина – 2, VAS нога – 0.

Через 3, 6 и 12 мес. – вертеброгенные жалобы отсутствуют. Согласно протоколу исследования, выполнены все контрольные обследования (рис 31-33). По данным рентгенографии, МРТ и МСКТ – состояние имплантата корректное, отсутствие параимплантатной резорбции, прогрессирования дегенерации и рецидива грыжи МПД.



Рисунок 31 – Рентгенография через 3 (а, б), 6 (в) и 2 месяцев (г).

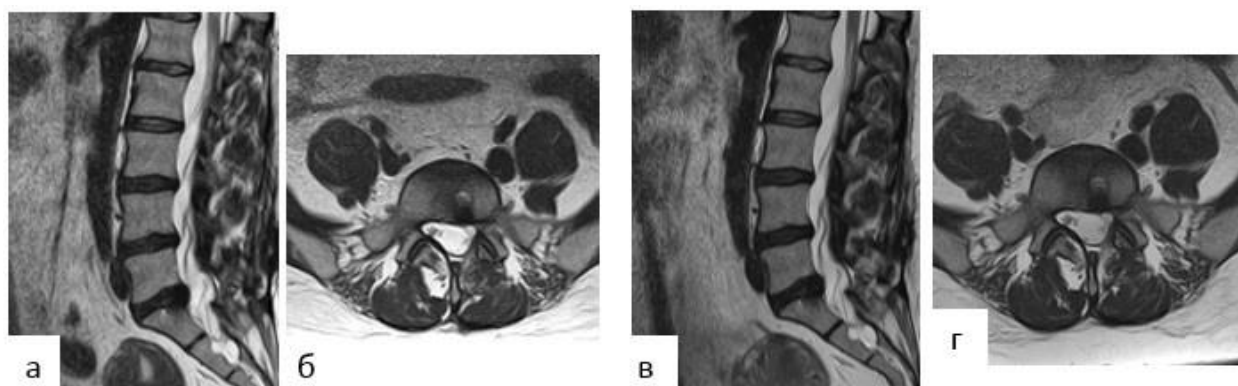


Рисунок 32 – МРТ 6 (а, б) и 12 (в, г) месяцев.

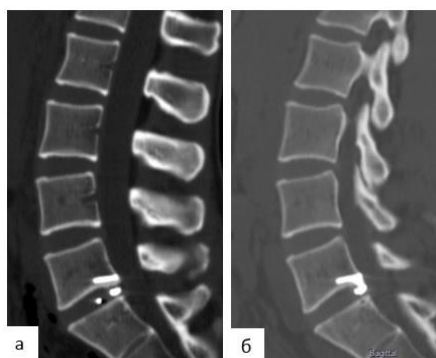


Рисунок 33 – МСКТ ПОП через 6 (а) и 12 (б) месяцев

4.3 Факторы и предикторы лучших и худших клинических исходов микродискэктомии с использованием технологии закрытия дефекта фиброзного кольца

Выявление факторов и предикторов исходов микродискэктомии в сочетании с пластикой дефекта фиброзного кольца основано на данных 133 пациентов проспективной группы. Оценка показателей параметров проводилась до операции, через 3, 6 и 12 месяцев после ее проведения. Клинические результаты оценивались по данным VAS в ногах и спине и ODI. Первичной конечной точкой был результат в виде комбинированного достижения успеха по этим шкалам. Критерии отличных и хороших результатов нами взяты из работы Werner DAT et al [268]. Успешным считался результат в каждый момент времени наблюдения, если по VAS в спине отмечено уменьшение интенсивности боли $\geq 24\%$ в сравнении с дооперационными данными, по VAS в ноге $\geq 39\%$ и ODI $\geq 33\%$. В случаях, когда данные хотя бы по одному из трех показателей отсутствовали, пациент был исключен из анализа. Данные критерии легли в основу деления пациентов на две группы: I группа – пациенты, достигшие целевых показателей, соответствующих успешному результату лечения; II группа – пациенты, не достигшие данных значений.

Вторичные конечные точки, используемые в качестве потенциальных предикторов успеха лечения, включали демографические, хирургические и рентгенологические характеристики пациента, клинически значимый рецидив межпозвонковой грыжи или другие осложнения, стадия дегенерации МПД (шкала Pfirrmann), степень дегенерации и склероза фасеточных суставов (шкала Grogan) и изменения замыкательных пластинок позвонков (костные эрозии, резорбция и изменения Modic).

Результаты оценивали с помощью статической и функциональной рентгенографии пояснично-крестцового отдела позвоночника, мультиспиральной компьютерной и магнитно-резонансной томографии.

Рентгенограммы использовались для определения высоты межпозвонкового диска, угла поясничного лордоза и объема движения в сегменте. С помощью МСКТ оценивали состояние имплантата, костной ткани вокруг него, структуру межпозвонкового диска, изменения замыкательных пластинок и дугоотростчатых суставов. Послеоперационная МРТ использовалась для выявления наличия протрузий и/или грыж межпозвонковых дисков, определения стадии дегенерации межпозвонкового диска и дугоотростчатых суставов, а также для оценки возможного наличия повреждений замыкательных пластинок и стеноза позвоночного канала.

В периоды наблюдения через 3, 6 и 12 мес успех в лечении был достигнут у 97/131 (74%), 104/129 (81%) и 112/126 (89%) пациентов соответственно. В целом наблюдалось значимое уменьшение боли в спине и ногах по шкале VAS и улучшение качества жизни по показателю ODI через 12 месяцев наблюдения в сравнении с дооперационными данными ($p < 0,001$; **рис. 34**).

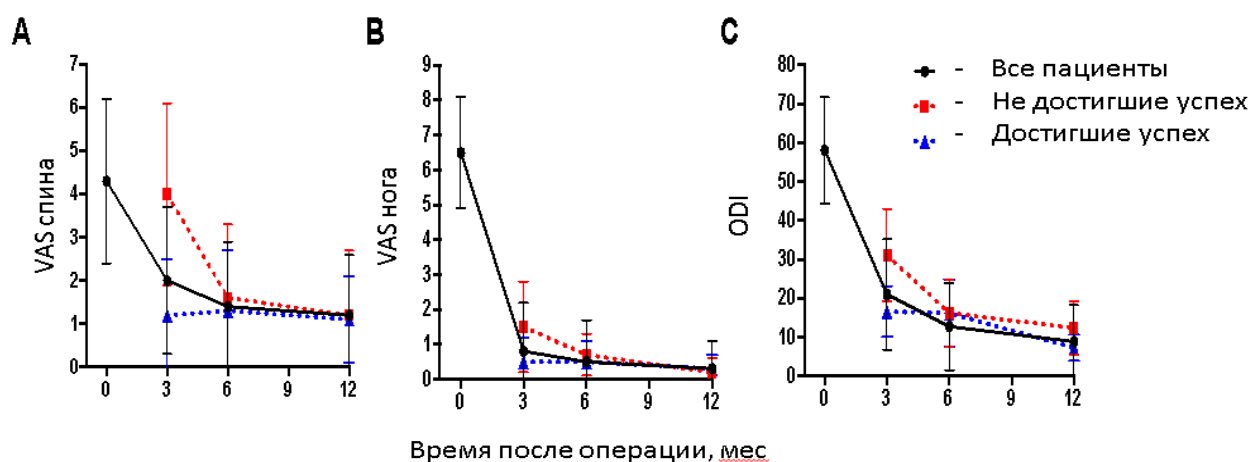


Рисунок 34. Динамика показателей VAS в спине и ногах и ODI в периоды наблюдения в I и II группах.

Через 3 месяца после операции пациенты I группы, которые соответствовали критериям успеха, имели более высокие дооперационные баллы боли в спине по VAS ($4,8 \pm 1,7$ против $3,2 \pm 1,6$, $p < 0,001$), более высокие дооперационные баллы боли в ногах по VAS ($6,7 \pm 1,6$ против $5,8 \pm 1,7$, $p = 0,007$), более высокие дооперационные данные ODI ($60,1 \pm 13,7$ против $52,8 \pm$

12,1, $p = 0,007$) и меньшую продолжительность операции ($56,1 \pm 15,6$ мин против $63,7 \pm 18,8$ мин, $p = 0,023$) по сравнению с показателями II группы (таб. 19). Через 6 месяцев только дооперационные показатели боли в спине по VAS значительно различались между группами (таб. 19). Через 12 месяцев пациенты, отвечающие критериям успеха, имели более высокие дооперационные показатели боли в спине по VAS ($4,6 \pm 1,7$ против $2,9 \pm 1,7$, $p = 0,001$), более низкий дооперационный поясничный лордоз ($41,2^\circ \pm 13,3^\circ$ против $50,9^\circ \pm 15,7^\circ$, $p = 0,013$) (таб. 19). Возраст был только значимым фактором при 3-месячном наблюдении, при этом доля более молодых пациентов (в возрасте 18-40 лет), соответствующих критериям успеха, была значительно выше по сравнению с более старшими пациентами ($p = 0,025$; таб. 20).

Таблица 19. Значимо различающиеся характеристики параметров между группами в периоды наблюдения.

Параметры		II группа	I группа	p-уровень
3 мес после операции				
Продолжительность операции (мин)	Mean ± SD	63.7 ± 18.8	56.1 ± 15.6	0.023
	Range	30-120	30-100	
VAS спина до операции (баллы)	Mean ± SD	3.2 ± 1.6	4.8 ± 1.7	<0.001
	Range	1-7	1-9	
VAS нога до операции (баллы)	Mean ± SD	5.8 ± 1.7	6.7 ± 1.6	0.007
	Range	3-10	3-10	
ODI до операции (%)	Mean ± SD	52.8 ± 12.1	60.1 ± 13.7	0.007
	Range	30-80	36-92	
Объем движения в сегменте до операции через 3 мес (°)	Mean ± SD	4.3 ± 2.1	5.4 ± 2.5	0.035
	Range	0-10	0-11	
Дегенерация фасеточных суставов (до операции)	I	12%	27%	0.020
	II	50%	53%	
	III	38%	20%	
	IV	0%	1%	
6 мес после операции				
VAS спина до операции (баллы)	Mean ± SD	3.3 ± 2.0	4.7 ± 1.7	0.001
	Range	1-7	1-9	
Дегенерация фасеточных суставов (до операции)	I	12%	26%	0.034
	II	48%	52%	
	III	36%	22%	
	IV	4%	0%	
Дегенерация фасеточных суставов (через 6 мес)	I	4%	24%	0.009
	II	52%	51%	
	III	40%	23%	
	IV	4%	1%	
12 мес после операции				
VAS спина до операции (баллы)	Mean ± SD	2.9 ± 1.7	4.6 ± 1.7	0.001
	Range	1-5	1-9	
Поясничный лордоз до операции (°)	Mean ± SD	50.9 ± 15.7	41.2 ± 13.3	0.013
	Range	20-75	4-70	
Ретролистез	Presence	50%	19%	0.015

Таблица 20. Возраст как фактор успешности хирургического лечения.

Периоды	Группы	Возраст					р-уровень
		18-40		41-60		общее	
		N	%	N	%		
3 мес	II группа	14	41%	20	59%	34	0.025
	I группа	63	65%	34	35%	97	
6 мес	II группа	15	60%	10	40%	25	1.0
	I группа	61	59%	43	41%	104	
12 мес	II группа	8	57%	6	43%	14	1.0
	I группа	66	59%	46	41%	112	

Оценка радиологических данных. Доля пациентов с дегенерацией дугоотростчатых суставов III степени, наблюдаемой исходно или при последующем наблюдении, была значительно выше среди пациентов II группы, которые не соответствовали критериям успеха лечения через 3 мес ($p=0,020$) и 6 мес наблюдения ($p=0,034$). Через 12 мес наблюдения ретролистез реже наблюдался среди пациентов I группы, отвечающих критериям успеха лечения (19% против 50%; $p=0,015$). Не было никаких существенных различий между любыми другими параметрами визуализации ($p>0,05$).

Основываясь на данных логистической регрессии, следующие факторы были статистически значимыми предикторами успеха лечения в один или несколько моментов времени наблюдения: пол (мужской), более низкий ИМТ, более высокие исходные показатели по VAS в спине и ODI, дегенерация МПД Pfirrmann II степени до операции и отсутствие послеоперационных осложнений. Изменения Modic и повреждения замыкательных пластинок не были связаны с результатами лечения (таб. 21).

Таб 21 Логистический регрессионный анализ, значимые прогностические факторы.

	Coefficient	Chance ratio	p-value	Percent correctly predicted index
3 мес				
Пол (муж)	1.739	5.690	0.001	78.6%
ИМТ	-0.122	0.885	0.018	
VAS спина до операции	0.655	1.926	<0.001	
ODI до операции	0.059	1.061	0.006	
6 мес				
Дегенерация МПД до операции (Pfirtmann)	-1.121	0.326	0.043	89.7%
VAS спина до операции	0.490	1.632	0.001	
12 мес				
VAS спина до операции	0.717	2.049	0.001	89.7%
Поясничный лордоз до операции	-0.060	0.942	0.022	
осложнения	-2.635	0.072	0.025	

Таким образом, использование технологии закрытия дефекта фиброзного кольца при микродискэктомии позволяет достичь высокую частоту успеха 90% через 12 месяцев наблюдения, что заключается в снижении болевого синдрома и повышении качества жизни у пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков. Частота повторных грыж и повторных операций составила 1,5% и 3,0%. Значимыми факторами, которые были связаны с успехом операции, были пол (мужской), более низкий ИМТ, более высокие предоперационные боли и показатели ODI, меньшая предоперационная дегенерация диска и отсутствие послеоперационных неблагоприятных событий.

4.4 Оценка результатов микродискэктомии с пластикой дефекта фиброзного кольца у пациентов, имеющих риск рецидива поясничных межпозвонковых грыж более 50% согласно многофакторной модели логистической регрессии прогноза.

Из когорты 133 пациентов проспективной группы, соответствующих критериям включения, были отобраны 42 пациента, имеющие риск рецидива поясничных межпозвонковых дисков более 50% согласно многофакторной модели логистической регрессии прогноза, и проведена оценка результатов их хирургического лечения методом микродискэктомии с пластикой дефекта фиброзного кольца.

Из 42 прооперированных 24 (57,1%) пациента были мужского возраста и 18 (42,9%) – женского. Средний возраст составил $38,2 \pm 10,8$ лет. Хирургическое вмешательство выполнено на уровне L4-L5 у 19 (45,2%) пациентов, на уровне L5-S1 в 23 (54,7%) случаях.

Интенсивность болевого синдрома по ВАШ в ноге и спине до операции, в момент выписки, через 3, 6, 12 месяцев приведены на **рис. 35 и рис 36**. Как видно из анализа данных показатели параметров значительно улучшились в сравнении с дооперационными значениями. При этом болевой синдром в ноге, который отмечался у пациентов после операции, не являлся корешковым, что подтверждалось данными нейровизуализации в виде отсутствия компремирующего субстрата, а расценивался как рефлекторный. Оценка качества жизни по ODI приведена на **рис. 37**. Отмечено значимое улучшение показателей данного параметра на этапах наблюдения в сравнении с дооперационными значениями.

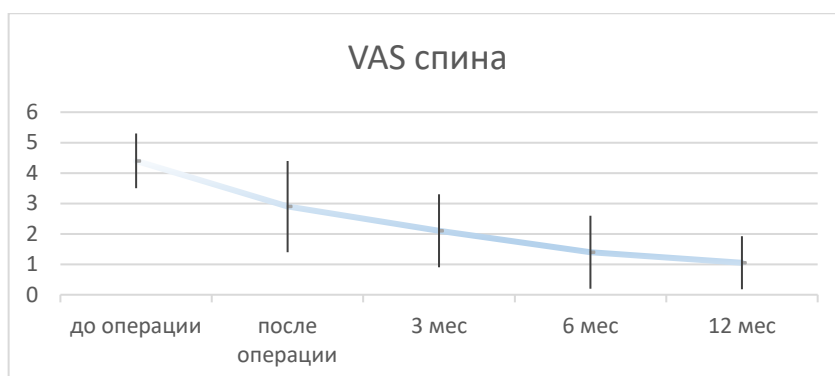


Рис 35 Динамика боли в спине по VAS

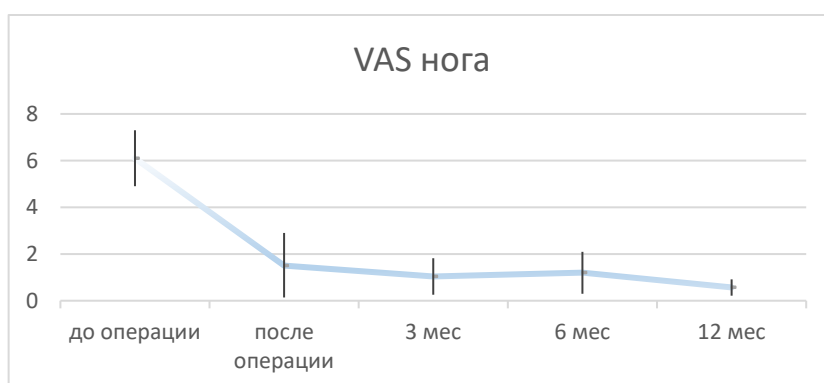


Рис 36 Динамика боли в ноге по VAS

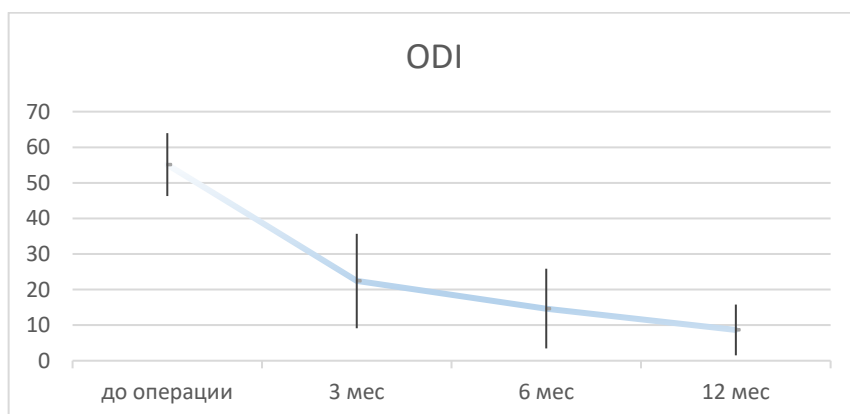


Рис 37 Динамика изменения качества жизни по ODI

При оценке динамики изменения высоты межпозвонкового диска (рис.38) отмечено ее снижение через 3, 6 и 12 месяцев после операции, однако данные не являлись статистически значимыми ($P=0,14$, $P=0,11$, $P=0,14$). Аналогичные данные получены при оценке объема движения в сегменте ($P=0,22$, $P=0,24$, $P=0,33$, соответственно) (рис 39).

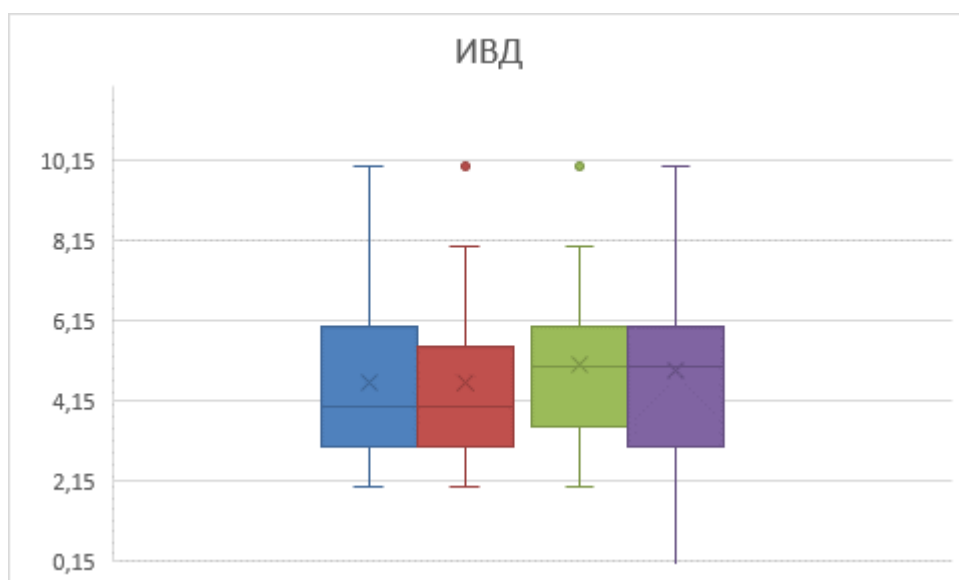


Рис 38. Динамика индекса высоты диска после хирургического лечения (до операции, через 3, 6 и 12 мес)

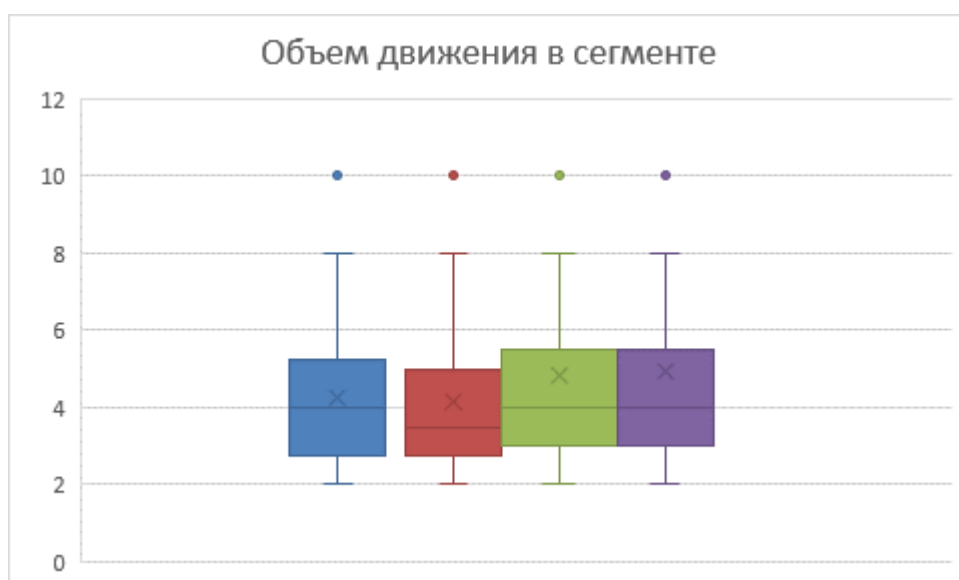


Рис 39. Динамика объема движения в сегменте после хирургического лечения (до операции, через 3, 6 и 12 мес)

Результаты динамики изменений остальных радиологических параметров представлены в таб 22. Из представленного анализа можно заключить, что имеется прогрессирование дегенерации межпозвонкового диска в виде увеличения количества пациентов, у которых стадия дегенерации стала более грубой, однако эти данные были статистически не значимыми ($P > 0.05$). Через 12 мес отмечено увеличение числа пациентов с изменениями Modic I и

уменьшение с Modic 0, однако динамика была не значима ($P>0.05$). При оценке дегенерации и субхондрального склероза дугоотростчатых суставов по Grogan так же отмечен переход значений параметра в более грубые стадии, при этом данные не имели статистической значимости ($p=0,08$ и $p=0,29$, соответственно). Однако, отмечено значимое увеличение поясничного лордоза ($p=0,0004$) ввиду ликвидации анталгической причины его уплощения.

Таб 22. Радиологические данные пациентов проспективной когорты до операции и через 12 мес.

Параметры	До операции (Mean $\pm$ SD or Proportion)	Через 12 мес после операции (Mean $\pm$ SD or Proportion)
Изменения Modic		
0	90,5%	85,8%
I	2,4%	7,1%
II	7,1%	7,1%
III	0%	0%
Дегенерация МПД (шкала Pfirrmann)		
II	11,9%	2,4%
III	88,1%	88,1%
IV	0%	9,5%
Дегенерация фасеточных суставов (шкала Grogan)		
I	38,1%	19,0%
II	52,4%	62,0%
III	9,5%	19,0%
IV	0%	0%
Субхондральный склероз дугоотростчатых суставов (шкала Grogan)		
I	78,6%	54,7%
II	21,4%	42,9%
III	0%	2,4%
Поясничный лордоз ($^{\circ}$)	42,8 $\pm$ 13.9	52,0 $\pm$ 9.5

Анализ распределения типов грыж указывал на превалирование пациентов с протрузионным вариантом (рис 40).

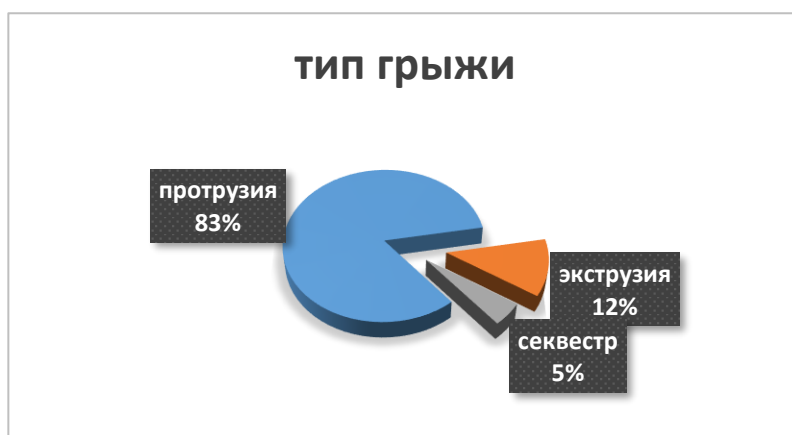


Рисунок 40 – Распространенность типов межпозвонковых грыж в когорте пациентов

Частота осложнений составила 2,4 % (1 случай): повреждение ТМО. Дефект в ТМО был точечный, в пластика зоны повреждения дефекта не проводилась, рана герметично ушита. Послеоперационной наружной ликвореи и связанных с этим осложнением клинических проявлений не отмечено.

В течении наблюдения (12 месяцев) в одном случае (2,4%) понадобилось проведение ревизионного вмешательства, которое было обусловлено клинически значимой грыжей с контрлатеральной стороны на ранее оперированном уровне. В 2 случаях пациенты (4,8%) жаловались на постоянную боль в поясничном отделе позвоночника, которая не была связана с рецидивов грыж межпозвонковых дисков, параимплантатной резорбцией или сегментарной нестабильностью, что подтверждено данными функциональной спондилографии, МРТ и МСКТ поясничного отдела позвоночника. Болевой синдром был обусловлен преимущественно спондилоартрозом, что подтверждалось диагностическими блокадами на область дугоотросчатых суставов.

Таким образом, аннулопластика при микродискэктомии у пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков, имеющих высокий риск их рецидива, является эффективной опцией по профилактике повторного их образования с ипсилатеральной стороны на оперированном уровне. Случаи,

требующие повторного хирургического вмешательства, не снижают достоинств методики и не перекрывают пути к дальнейшему радикальному лечению дегенеративной патологии позвоночника.

4.5 Сравнительный анализ результатов микродискэктомии с и без использования технологии закрытия дефекта фиброзного кольца методом Propensity Score Matching

Сравнительный анализ результатов микродискэктомии с и без использования технологии закрытия дефекта фиброзного кольца был проведен между двумя группами пациентов. В первую когорту вошли 133 пациента проспективной когорты (I группа), анализируемой в данной главе работы (те, кому была выполнена пластики дефекта фиброзного кольца) и 350 пациентов (II группа) ретроспективной когорты (без пластики дефекта фиброзного кольца). Клинико-радиологические данные пациентов II группы были представлены в главе 3.1. Результаты хирургического лечения этой группы использовались в качестве исторического контроля. Перед статистическим исследованием был проведен разведочный анализ данных для проверки нормальности распределений показателей в группах, выявления выбросов, определения степени корреляции показателей внутри когорт. Критерий Шапиро-Уилка показал, что все непрерывные показатели распределены ненормально, кроме параметра «поясничный лордоз» и «возраст» (таб 23).

Таблица 23. Проверка нормальности непрерывных показателей в группах контроля и лечения до PSM критерием Шапиро-Уилка.

Показатель	до PSM	
	I группа N = 133 p-уровень	II группа N = 350 p-уровень
Возраст	0	0.001
ИМТ	0	0
ИВД	0	0
Объем движения в сегменте	0	0
Поясничный лордоз	0	0.002

В группах статистически значимые различия выявлены между следующими показателями: возраст ($p < 0.001$), доля курящих ($p < 0.001$), индекс высоты диска ($p = 0.002$), сагиттальный сегментарный объем движения ($p < 0.001$), поясничный лордоз ($p < 0.001$), изменения Modic ($p < 0.001$), дегенерация МПД по Pfirrmann ($p < 0.001$), тип межпозвонковых грыж ($p < 0.001$), дегенерация суставного хряща дугоотростчатых суставов по Grogan ($p < 0.001$), субхондральный склероз дугоотростчатых суставов по Grogan ($p = 0.003$).

Для устранения возможного влияния выявленных неоднородностей на количество реопераций в группах был применен метод PSM (метод “ближайшего соседа” с калибром равным 0.1 и соотношением групп 1:1), который вывел из рассмотрения в группах пациентов, несоответствующих по совокупности значимо различающихся предоперационных показателей (таб 24).

Таблица 24. Размеры групп после PSM

	I группа	II группа
Все пациенты	133	350
Сопоставленные пациенты	31	31
Несопоставленные пациенты	97	316
Исключенные	5	3

Сравнение показателей между группами до и после PSM представлены в **таблице 25**. Результатом данного анализа явилось подтверждение значимо меньшей частоты реоперации при использовании пластики дефекта фиброзного кольца после сопоставления baseline групп по исходно неоднородным параметрам, имеющим значимую корреляционную связь с рецидивом грыж поясничных межпозвонковых дисков.

Таб.25 Результаты статистического анализа данных пациентов до и после применения метода PSM и после.

Символом ‘’ обозначены статистически значимо различающиеся показатели*

Показатели	до PSM			после PSM	
	I группа (N = 133)	II группа (N = 350)	p- уровень	I группа (N = 31)	II группа (N = 31)
Пол (муж)	41 (31%)	161(46%)	0.436	11 (35%)	12 (39%)
возраст	37 [29; 45]	42 [34; 50]	<0.001*	40 [33; 46]	45 [35; 49]
Курение (да)	48 (36%)	116 (33%)	<0.001*	16 (51,6%)	17 (54,8%)
ИМТ кг/м2	25,95 [22,9; 29.32]	26.71 [23.89; 29.82]	0.146	27,48[23.46; 30.67]	26,56 [23.93; 30.64]
ИВД	0.28 [0.26; 0.31]	0.29 [0.26; 0.32]	0.002*	0.30 [0.28; 0.33]	0.31 [0.29; 0.34]
Сагиттальный сегментарный объем движения	4 [3; 6]	8 [6; 9]	<0.001*	7 [6; 9]	8 [6; 9]
Поясничный лордоз	42 [32; 53]	44.2 [39.1; 50.9]	<0.012*	44 [35; 57]	42 [32; 55]
Тип Modic I/II,III,0	1 - 6 (4,5%)	1 - 68 (19,4%)	<0.001*	1 - 4 (12,9%)	1 - 8 (25,8%)
	2 - 127 (95,5%)	2 - 282 (80,6%)		2 - 27 (87,1%)	2 - 23 (74,2%)
Стадия дегенерации диска по Pfirrmann (II/III/IV)	2 - 14 (10.5%)	2 - 57 (16.3%) 3 - 85 (24.3%)	<0.001*	2 - 5 (16,1%)	2 - 9 (29,1%) 3 -21 (67,7%)
	3 - 116 (87.2%)	3 -85 (24.3%)		3 - 24 (77,4%)	3 -21 (67,7%)
	4 - 3 (2.3%)	4 - 208 (59.4%)		4 - 2 (6,5%)	4 - 1 (3,2%)

тип грыж 1 - протрузия, 2 - эктрузия, 3 - секвестр	1 - 120 (34.3%) 2 - 223 (63.7%) 3 - 7 (2%)	1 - 105 (79%) 2 - 24 (18%) 3 - 4 (3%)	<0.001*	1 - 19 (61,2%) 2 - 10 (32,3%) 3 - 2 (6,5%)	1 - 17 (54,8%) 2 - 13 (41,9%) 3 - 1 (3,2%)
Уровень 0 - L4-L5, 1 - L5-S1	0 - 173 (49.4%) 1 - 177 (50.6%)	0 - 88 (66,2%) 1 - 45 (33,8%)	>0.999	0 - 16 (45.2%) 1 - 17 (54.8%)	0 - 16 (54.8%) 1 - 16 (45.2%)
Реооперации	4 (3%)	50 (14,3%)	<0.001*	3 (9,7%)	11 (35,5%)

Ограничения исследования. Анализированы только дооперационные радиологические параметры. Не проводилась оценка размера дефекта фиброзного кольца, что по данным литературы является фактором риска рецидива грыж. Этот параметр не учтен при анализе, т.к. математическая модель риска рецидива была создана ретроспективной группой, у которой учитывались только дооперационные радиологические параметры. Разный катамнез пациентов в обеих группах: I группа – 1 года, II группах – 3 года. То есть в I группе в течении 2 лет не прослежены неблагоприятные события, которые могли бы повлечь необходимость в повторной операции. Учитывая данные II группы – основная доля рецидивов грыж и связанных с этим повторных операции произошли в первый год после операции, то возможность значимых отличий в 3-х летний период не велика, несмотря на использование имплантата для закрытия дефекта фиброзного кольца. Следующим

ограничением было – хирургическое вмешательство только на одном из двух нижне-поясничных уровнях (L4-L5 и L5-S1), что диктует необходимость с осторожностью экстраполировать полученные результаты у пациентов с грыжами другой локализации. А также, к концу исследования ряд пациентов не были доступны для включения их данных в анализ.

Таким образом, обоснованное (по показаниям) применение технологии пластики дефекта фиброного кольца позволяет значительно снизить частоту реоперации после микродискэктомии у пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков (до 3%).

4.6 Алгоритм принятия тактических решений при планировании хирургического лечения пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков, основанный на модели прогноза риска реоперации и способе профилактики рецидива межпозвонковых грыж.

В нашем исследовании на основании значимых дооперационных факторов риска рецидива грыж поясничных межпозвонковых дисков разработано уравнение логистической регрессии, позволяющее рассчитывать вероятность рецидива, с учетом чего возможна коррекция хирургической тактики. Безусловно она должна быть обсуждена с пациентом, готов ли он к радикальному объемному вмешательству в виде спондилодеза или предпочитает минимальное воздействие, но с высоким риском рецидива грыжи.

Одним из хирургических способов профилактики грыж поясничных межпозвонковых дисков является технология закрытия дефекта фиброзного кольца. Ее использование (по показаниям) позволяет снизить частоту рецидива грыж до 1,5%, а реопераций до 3%.

Таким образом, данные, полученные в главах 3.1-3.4 и 4.1-4.5, позволили разработать способ оценки риска их рецидива и интегрировать технологию закрытия дефекта фиброзного кольца в хирургическую тактику лечения пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков с целью

профилактики их повторного образования, не повышая степень агрессивности микродискэктомии. Это послужило основанием для создания алгоритма хирургической тактики при лечении пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков (рис 41).

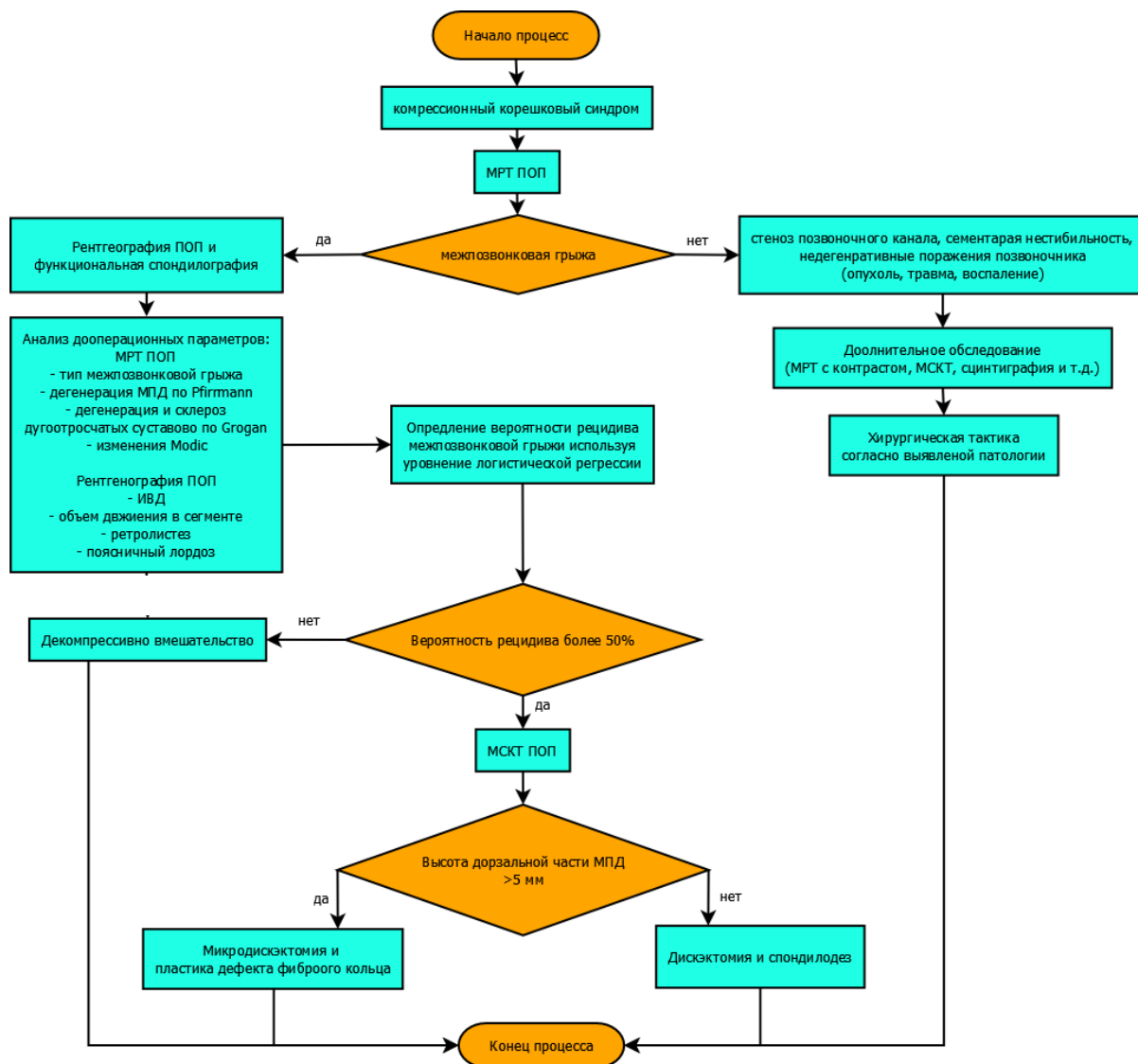


Рисунок 41 – Алгоритм тактики хирургического лечения грыж поясничных межпозвонковых дисков

Представленный алгоритм позволяет осуществлять дифференцированный подход к оказанию хирургической помощи пациентам с грыжами поясничных межпозвонковых дисков путем дооперационного анализа радиологических параметров, имеющих значимую связь с рецидивом грыж поясничных межпозвонковых дисков, и позволяющего рассчитать вероятность

рецидива. Хирургическая тактика может складываться либо из проведения изолированной декомпрессии, либо дополнительного применения технологии закрытия дефекта фиброзного кольца, либо ригидной фиксации пораженного ПДС. Алгоритм направлен на минимизацию хирургической агрессии или наоборот обоснованное использование имплантатов.

Резюме к Главе 4.

В главе проанализированы клинико-радиологические результаты хирургического лечения 133 пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков, которым проведена микродискэктомия в сочетании с технологией закрытия дефекта фиброзного кольца. Отмечено значимое уменьшение интенсивности болевого синдрома и улучшение качества жизни. Анализ радиологических данных показал, что структуры пораженного сегмента изменились в сторону более грубой дегенерации, но эти данные были статистически не значимы. Значимо отмечено только увеличение поясничного лордоза, что обусловлено купированием анталгического компонента. В 7,5% случаях отмечен рецидив болевого синдрома, из которых в 3% потребовалось проведения повторной хирургической интервенции.

У двух пациентов на оперированном уровне повторно образовалась грыжевое выпячивание, но с противоположной стороны. Истинного рецидива грыжи диска на стороне операции не отмечено ни у одного пациента. Также отмечено развитие клинически значимой асептической нестабильности имплантата у одного пациента. Еще в 6 (4,5%) случаях отмечен рецидив вертебрального болевого синдрома связанный с обострением спондилоартроза без признаков рецидива. Всего в 3% потребовалось проведения повторной хирургической интервенции.

На исследуемой когорте были определены предикторы лучших клинических исходов путем деления пациентов на группы с успешным и не успешным результатом лечения и проведения логистического регрессионного

анализа. Ими оказались дооперационная боль в спине, дооперационный лордоз и осложнения. Далее из общей когорты были оценены результаты лечения пациентов с высоким риском рецидива. Как и в общей группе отмечено значимое клиническое улучшение и аналогичные радиологические исходы. Рецидив вертебрального болевого синдрома, обусловленный спондилоартрозом, в этой группе выявлен в 4.8% случаях, и в одном случае (2.4%) рецидив грыжи диска с противоположной стороны, что потребовало реоперации. Используя метод PSM проведен сравнительный анализ частоты реопераций когорт с аннуло технологией закрытия дефекта фиброзного кольца пластикой (133 пациента) и без нее (350 пациентов – ретроспективная группа). После сопоставления групп по основным параметрам, частота реопераций в группе с технологией закрытия дефекта фиброзного кольца была значительно ниже (9,7% против 35,5% ($P=0.008$)).

В то же время некоторые исследования показывают на наличие неблагоприятного события после установки Barricaid (>1 года) в виде резорбции замыкательной пластинки позвонка вокруг имплантата [147, 251]. При этом, объем резорбции не превышает 12% объема тела позвонка, этот процесс не прогрессирует через 6-8 лет после формирования склероза вокруг зоны резорбции и не ассоциирован с клиническими симптомами или исходами [147, 251, 223]. Несмотря на это неблагоприятное событие, технология закрытия дефекта фиброзного кольца с использованием имплантата Barricaid не может быть дискредитирована ввиду достижения возложенных на него ожиданий в виде уменьшения частоты рецидивов поясничных межпозвонковых грыж и реопераций и связанных с этим социально-экономических последствий. В связи с этим необходимы дальнейшие научные исследования по модернизации имплантата и возможной оптимизации показаний на большем количестве клинического материала в рамках отдельной научно-исследовательской и конструкторской работы.

Таким образом, на основании анализа факторов риска возникновения рецидива грыж, способа оценки риска их рецидива и способе его профилактики

был разработан алгоритм, позволяющий обосновано применять стабилизирующие конструкции, а в ряде случаев заменять их малотравматичной технологией закрытия дефекта фиброзного кольца.

Глава 5. Оригинальная рабочая лечебно-диагностическая классификация дегенеративно-дистрофических поражений поясничного отдела позвоночника

5.1 Создание рабочей классификации дегенеративно-дистрофических поражений поясничного отдела позвоночника, включающей персонифицированную оценку параметров сагиттального баланса и учет превалирующего клинического синдрома.

Беря за прототип классификацию дегенеративного спондилолистеза Gille, нами была разработана оригинальная классификация дегенеративно-дистрофических поражений поясничного отдела позвоночника (**таб 26**). В нее включены важные составляющие, позволяющие индивидуализированно выбирать лечебную тактику:

- биомеханический тип позвоночника, основанный на персонифицированной оценке позвоночно-тазовых и глобальных параметров сагиттального баланса;
- превалирующий клинический синдром;
- хирургическая тактика

Таб 26. Лечебно-диагностическая классификация дегенеративно-дистрофических поражений позвоночника.

Тип	Рентгенологические критерии	Клинический синдром (превалирующий)	Хирургическая тактика
Тип I. Гармоничный	$SL \geq SL$ (идеал.) $LL = LL$ (идеал.) $\pm 10\%$ Low LL (L4-S1): -Roussouly I, II тип – 80-90% LL(идеал) -Roussouly III тип – 70-80% LL(идеал) -Roussouly IV тип – 60-70% LL(идеал) $PT \leq PT + 10\%$ (идеал.) $IB < 0,5$	Компрессионный	Декомпрессия
		Компрессионный и (или) нестабильности	Моносегментарный спондилодез «in situ» с или без декомпрессией
Тип II. Сегментарный дисбаланс	$SL < SL$ (идеал.) $LL = LL$ (идеал.) $\pm 10\%$ Low LL (L4-S1): -Roussouly I, II тип - 80-90% LL(идеал) -Roussouly III тип - 70-80% LL(идеал) -Roussouly IV тип - 60-70% LL(идеал) $PT \leq PT + 10\%$ (идеал.) $IB < 0,5$	Компрессионный	Декомпрессия
		Компрессионный и (или) нестабильности	Моносегментарный корригирующий спондилодез с или без декомпрессией

Тип III. Регионарный дисбаланс	$LL \leq LL(\text{идеал.}) \pm 10\%$ $PT(\text{идеал.}) \leq PT \leq PT(\text{идеал.})$ Low LL (L4-S1): -Roussouly I, II $mun \leq 80-90\%$ LL(идеал) -Roussouly III $mun \leq 70-80\%$ LL(идеал) -Roussouly IV $mun \leq 60-70\%$ LL(идеал) $IB < 0,5$	Компрессионный	Декомпрессия - как основной этап при функциональном дисбалансе или I этап при структуральном дисбалансе
		Компрессионный и (или) нестабильности	Моно- или короткосегментарный корригирующий спондилодез с обязательным восстановлением Low LL (L4-S1) LL с или без декомпрессией Примечание: только декомпрессия (при противопоказаниях к инструментализации и (или) высоком хирургическом риске)
Тип IV. Глобальный дисбаланс	$LL < LL(\text{идеал.}) - 10\%$ Low LL (L4-S1): -Roussouly I, II $mun < 80-90\%$ LL(идеал) -Roussouly III $mun < 70-80\%$ LL(идеал) -Roussouly IV $mun < 60-70\%$ LL(идеал) $PT > PT(\text{идеал.}) + 10\%$ $IB > 0,5$	Нестабильности	Коротко- или полисегментарный корригирующий спондилодез с восстановлением Low LL (L4-S1) и LL
		Компрессионный и (или) нестабильности	Коротко- или полисегментарный корригирующий спондилодез с восстановлением Low LL (L4-S1) и LL с или без декомпрессией Примечание: только декомпрессия (при противопоказаниях к инструментализации и (или) высоком хирургическом риске)

В такой форме классификационная система представляет собой замкнутый прикладной продукт, включающий и диагностический, и лечебный компоненты. Диагностический компонент состоит из индивидуализированной оценки сагиттального профиля, расчет которого базируется на константном параметре PI, типе Roussouly и возрасте. Хирургические опции направлены на купирование превалирующего клинического синдрома с обязательным восстановлением нарушенных параметров биомеханики позвоночника, целью которого является минимизация риска развития перегрузки смежных сегментов, создание оптимальных условий для сращения позвонков в физиологически выгодном положении. Это направлено на профилактику рецидива болевого синдрома и реоперации.

На сегодняшний день существует большое количество параметров, характеризующих сагиттальный баланс позвоночника. При принятии решения о включении определенного параметра мы руководствовались принципом того, чтобы они в отдельности или в комбинации отражали гармоничность сагиттального профиля на сегментарном, регионарном и глобальном уровнях, имели значимую корреляционную связь с клинической симптоматикой и возможность их персонифицированной объективизации. Этим критериям соответствовали следующие параметры:

- тип Roussouly
- PI
- сегментарный лордоз (SL)
- LL, Low LL
- IB (index Barrey)
- PT

Индивидуальные значения параметров поясничного, нижнепоясничного и сегментарного лордоза рассчитывались исходя из формулы LL

$(L1-S1) = 31.1 - 0.15 \times \text{возраст} + 0.58 \times \text{PI}$ и тип формы по Roussouly. Показатель включения механизмов компенсации определяли по формуле: $PT = 0.44 \times \text{PI} - 11$. Референсное значение Index Barrey бралось за 1: $>0,5$ – глобальный дисбаланс, $<0,5$ – глобального дисбаланса нет.

В классификации выделено 4 биомеханических типа при дегенеративно-дистрофических поражениях позвоночника: гармоничный, сегментарный дисбаланс, регионарный дисбаланс и глобальный дисбаланс.

При гармоничном типе все параметры сагиттального профиля соответствуют индивидуализированным возрастным нормам. Хирургическая тактика складывается в зависимости от превалирующего клинического синдрома. При необходимости применения стабилизации нет потребности в какой-либо коррекции, даже сегментарной.

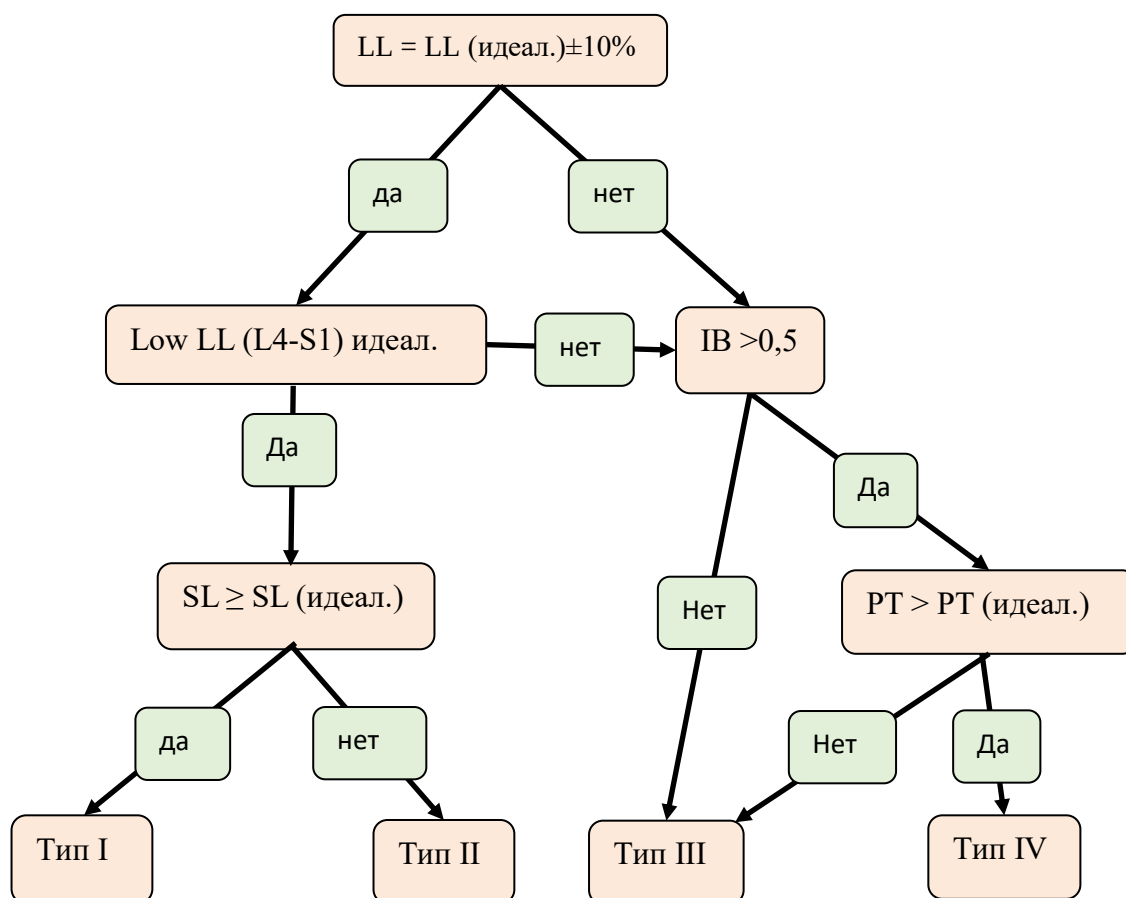
Второй тип поражений характеризуется нарушением только сегментарных взаимоотношений. В отличие от гармоничного типа при необходимости стабилизации должна осуществляться сегментарная коррекция, согласно расчетным значениям.

Тип «регионарный дисбаланс» характеризуется нарушением сегментарных взаимоотношений, которые вызывают дезорганизацию регионарного баланса, что заключается в уменьшении поясничного и (или) нехватке ниже-поясничного лордоза. В данной ситуации могут быть задействованы механизмы компенсации в виде ретроверсии таза (увеличение PT). Хирургическая тактика. При превалировании синдрома компрессии проводится декомпрессия, либо как основной этап при функциональном дисбалансе или в качестве 1 этапа хирургического лечения при структуральном дисбалансе. В случае необходимости стабилизации проводится коррекция нарушений сегментарных взаимоотношений, направленная на восстановление поясничного лордоза и особенно его дистальной части (Low LL).

При 4 типе отмечается дезорганизация глобального сагиттального профиля позвоночника, что характеризуется увеличением $IB > 0,5$. Хирургическая тактика направлена на максимальное достижение расчетных целевых показателей общего и нижнепоясничного лордоза, необходимых для улучшения значений глобальных параметров. При этом необходимо придерживаться принципа минимальной достаточности.

Разработанная классификационная система может быть представлена в виде алгоритма, в котором, основываясь на данные сагиттального профиля позвоночника, определяется биомеханический тип поражений, и в зависимости от вида клинического синдрома при каждом этом типе планируется соответствующая хирургическая тактика (рис 42).

Рис 42. Алгоритм определения биомеханического типа дегенеративно-дистрофических поражений позвоночника.



Для упрощения определения биомеханического типа был создан калькулятор. Ссылка на калькулятор - sites.google.com/view/baytactics. В программе автоматизированно производится расчет идеального диапазона значений LL, LowLL, PT, а далее в зависимости от соответствия фактических значений анализируемых параметров идеальным осуществляется пошаговое прохождение интерактивного калькулятора, итоговым значением которого будет биомеханический тип.

Рис 43. Интерфейс калькулятора определения биомеханического типа изменения поясничного отдела позвоночника.

Алгоритм
хирургической
тактики

Алгоритм
хирургической
тактики

Калькулятор

Возраст пациента *

65

Pelvic Incidence (PI) в градусах

62

LL в диапазоне (51 - 63) *

☒ Да ☐ Нет

LowLL в диапазоне (34 - 40) *

☐ Да ☒ Нет

Index Barrey >1.0 *

☐ Да ☒ Нет

Тип

3

Калькулятор

Возраст пациента *

65

Pelvic Incidence (PI) в градусах

42

LL в диапазоне (41 - 51) *

☒ Да ☐ Нет

LowLL в диапазоне (37 - 41) *

☒ Да ☐ Нет

Index Barrey >1.0 *

☐ Да ☒ Нет

SL в диапазоне (11 - 21) *

☒ Да ☐ Нет

Тип

1

Мы предлагаем использование данной классификации при следующих нозологических формах дегенеративно-дистрофических поражений поясничного отдела позвоночника:

- дегенеративный стеноз позвоночного канала;
- дегенеративные деформации позвоночника: дегенеративный спондилолистез (анте-, ретро-, латеро-), дегенеративный сколиоз (тип I по Aibe, тип N по SRS-Schwab);
- сегментарная нестабильность дегенеративного генеза.

Межпозвонковые поясничные грыжи без комбинации с вышеуказанными изменениями не могут быть применимы для классифицирования данной системой.

Таким образом, данная классификация позволяет определять типы биомеханических нарушений при дегенеративных поражениях поясничного отдела позвоночника, основанные на персонифицированной оценке параметров сагиттального баланса, и тактику хирургического лечения, базирующуюся на превалирующем клиническом синдроме в каждом из этих типов.

5.2 Оценка межэкспертной надежности оригинальной рабочей классификации дегенеративно-дистрофических поражений поясничного отдела позвоночника

Для проведения оценки надежности и воспроизводимости классификации были анализированы данные 20 пациентов, оперированных по поводу вертеброгенных синдромов, морфологическим субстратом которых был одноуровневый спондилолистез L4 в сочетании с дегенеративным стенозом позвоночного канала и (или) сегментарной нестабильностью. Хирургическое вмешательство проводилось в период с 2018 по 2019 года.

Критерии включения в исследование:

- возраст старше 40 лет
- клинически значимый дегенеративный спондилолистез L4 в сочетании с дегенеративным стенозом позвоночного канала и (или) сегментарной нестабильностью
- полный комплекс дооперационного обследования: рентгенография поясничного отдела позвоночника в 2-х проекциях, функциональная спондилография поясничного отдела позвоночника в боковой проекции, рентгенография позвоночника в положении стоя в обычной позе, в двух стандартных проекциях от С0 до средней трети бедренных костей, положение кистей на противоположных ключицах, МСКТ поясничного отдела позвоночника, МРТ поясничного отдела позвоночника
- тип N деформации позвоночника во фронтальной плоскости по SRS-Schwab
- I тип изменений по Aebi.

Критерии невключения:

- коронарная деформация в поясничном отделе позвоночника угол Cobb>10°

- сопутствующая дегенеративная патология позвоночника
- предшествующие хирургические вмешательства на позвоночнике.

Валидация классификации выполнена согласно протоколу GRRAS [157]. Исследование не предполагало «ослепление» экспертов, но анализ данных проводился независимо друг от друга. Обучение экспертов техническим и методологическим аспектам исследования и обсуждение вопросов осуществлялось лично главным исследователем. Вычисление параметров сагиттального баланса проводилось на программах, предназначенных и имеющих такие возможности.

Исследование состояла из двух этапов. На первом этапе проведена оценка внутри- и межэкспертной воспроизводимости 3-мя специалистами травматолого-ортопедического отделения №12 ФГБУ «НМИЦ ТО им Н. Н. Приорова». В их состав вошли два травматолога-ортопеда (опыт работы <10 лет) и один нейрохирург (опыт >10 лет). Данные анализировались дважды с интервалом 2 недели. Второй этап заключался в оценке межэкспертной воспроизводимости классификации 11-ю специалистами 7 федеральных учреждений России: ФГАУ НМИЦ нейрохирургии им. академика Н.Н. Бурденко (нейрохирург, опыт <10 лет), ФГБУ Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования г. Барнаул (нейрохирург, опыт > 10 лет), ФГБУ Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования г. Чебоксары (травматолог-ортопед, опыт > 10 лет), НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова (нейрохирург, опыт > 10 лет), ФГБУ «НМИЦ ТО им Н. Н. Приорова» (травматолого-ортопедическое отделение №14, травматолог-ортопед, опыт >10 лет), ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России (нейрохирург, опыт >10 лет), Клинический медицинский центр НОИ им. Н. А. Семашко (эксперт 1 (нейрохирург) – опыт > 10 лет, эксперт 2 (нейрохирург) – опыт < 10 лет).

В этой связи выражаем благодарность следующим специалистам, принявшим участие в проведении межэкспертной оценки: д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, заместитель директора по научной работе, заведующий 10-ым нейрохирургическим отделением (спинальная хирургия), ФГАУ НМИЦ Нейрохирургии им. академика Н.Н. Бурденко Министерства здравоохранения РФ, Коновалов Николай Александрович (г Москва); д. м. н., заведующий отделением нейрохирургии, профессор кафедры нейрохирургии, Российский университет медицины Минздрава России Никитин Андрей Сергеевич; заведующий травматолого-ортопедическим отделением №4, врач-нейрохирург высшей квалификационной категории, к.м.н. Васильев А.И. (ФГБУ Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования г. Барнаул); заведующий травматолого-ортопедическим отделением №4, врач-нейрохирург высшей квалификационной категории, к.м.н. Козлов Д.М. (ФГБУ Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования г. Чебоксары); руководитель клиники патологии позвоночника и редких заболеваний Центра Илизарова, к.м.н. Евсюков А.В. (г. Курган);, к. м. н., врач-травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения №14, старший научный сотрудник, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н. Н. Приорова, Макаров Сергей Николаевич (г. Москва).

Эксперты оценивали 3 блока предложенной классификации: тип биомеханических нарушений, клинический синдром и хирургическая тактика. По каждому из них была проанализирована частота совпадений при идентификации соответствующих переменных.

Согласно разработанному алгоритму (смотреть главу 5.1) эксперты определяли биомеханический тип: гармоничный, сегментарный дисбаланс, регионарный и глобальный дисбаланс. Для этого оценивали параметры сагиттального баланса: сегментарный лордоз (SL), поясничный лордоз (LL), ниже-поясничный лордоз (LDI), тип поясничного лордоза по Roussouly, PT,

PI, index Barrey (IB). Исходя из степени их нарушения данных параметров определялся биомеханический тип. С целью упрощения расчетов алгоритм был представлен в виде калькулятора (<https://sites.google.com/view/baytactics>).

Клинический синдром был представлен двумя видами: компрессионный и нестабильности. Компрессионный синдром: корешковый болевой синдром с или без неврологического дефицита и (или) нейрогенная перемежающаяся хромота. Синдром нестабильности определяли как механический вертеброгенный болевой синдром в поясничном отделе позвоночника при интенсивности боли по VAS > 5 баллов. При наличии обоих синдромов, дальнейшая тактика хирургического вмешательства велась по протоколу синдрома нестабильности

В третьем блоке требовалось определение хирургической тактики. Ее виды представлены в классификации (смотреть главу 5.1)

Демографические данные исследуемых пациентов представлены в таб 27. Из таблицы видно, что наиболее многочисленными были пациенты с III типом.

Таб 27. Распределение пациентов по полу и возрасту при разных типах поражения

Тип	Характеристика типа	Возраст, лет	Количество пациентов (жен/муж)
I тип	Гармоничный	61.0 [54.0; 64.5]	3 (1/2)
II тип	Сегментарный дисбаланс	61.0 [56.0; 64.0]	2 (2/0)
III тип	Регионарный дисбаланс	65.0 [59.8; 68.3]	11 (9/3)
IV тип	Глобальный дисбаланс	64.0 [61.0; 66.5]	4 (3/1)

PI в группе составил 53.5° [48.0° ; 57.0°], PT - 13.0° [9.0° ; 18.3°], SL - 2.0° [1.0° ; 7.3°], LL - 47.0° [40.0° ; 53.3°], LDI - 68.0% [49.8% ; 73.0%]. Детальная характеристика параметров сагиттального баланса в при разных типах поражения представлены в таб 28.

Таб 28. Описательная статистика параметров сагиттального баланса при разных типах поражения.

Тип поражения	PI (°)	PT(°)	SL (°)	LL (°)	LDI (%)
I тип. Гармоничный	54.0 [48.0; 58.7]	10.0 [7.3; 14.0]	10.0 [8.3; 12.0]	53.0 [46.3; 58.0]	70.0 [67.0; 77.5]
II тип. Сегментарный дисбаланс	53.5 [48.0; 57.8]	11.0 [8.3; 14.0]	1.5 [1.0; 2.0]	51.5 [46.0; 55.0]	70.0 [67.0; 73.0]
III тип. Регионарный дисбаланс	52.0 [48.0; 56.0]	19.0 [17.0; 23.0]	1.0 [0.0; 2.0]	37.0 [31.0; 41.0]	47.0 [42.0; 50.0]
IV тип. Глобальный дисбаланс	54.0 [49.0; 56.0]	26.0 [24.0; 30.0]	0.0 [0.0; 1.0]	22.0 [14.0; 27.0]	18.0 [14.0; 24.0]

Межэкспертные соглашения были количественно оценены с помощью внутриклассовых коэффициентов корреляции. Для анализа использована каппа (k): межэкспертная (interobserver reliability) - каппа Флейса, внутриэкспертная (intraobserver reliability) - каппа Кохена. Ранжирование каппы: 0,00-0,20 – очень низкая согласованность, 0,21-0,40 – неудовлетворительная, 0,41-0,60 – удовлетворительная, 0,61-0,80 – существенная, 0,81-1,00 – отличная.

С учетом количества экспертов и кратности анализа МРТ-сканы были оценены 280 раз, КТ-сканы – 280 раз, рентгенограммы – 560 раз.

Первый этап. Межэкспертная воспроизводимость классификационной системы была «существенной» ($k=0,863$ [0.786; 0.939]). Консенсус относительно блоков классификации: «биомеханический тип» - 0,778 [0.651; 0.904]; «клинический синдром» - 0,958 [0.821; 1.000]; «хирургическая тактика» - 0,707 [0.624; 0.853].

Внутриэкспертная воспроизводимость у всех 3-х экспертов была «отличная» (каппа Кохена >0.81): эксперт 1 - $\kappa=0,931$, эксперт 2 - $\kappa=0,908$, эксперт 3 - $\kappa=0,862$.

Второй этап являлся мультицентровым с участием 11 экспертов. Воспроизводимость классификации была «существенной» ($\kappa=0.792$ [0.767; 0.817]). Были лишь случайные изменения в повторной интерпретации, без систематической предвзятости или путаницы между различными биомеханическими типами, клиническим синдромом и хирургической тактикой, на что указывает средняя матрица ошибок (Табл. 29). Наибольшая согласованность между экспертами достигнута в блоке «клинический синдром» ($\kappa=0,850$ [0.791; 0.909]), консенсус в блоках «биомеханический тип» и «хирургическая тактика» соответствовали «существенной» воспроизводимости ($\kappa=0.717$ [0.675; 0.758] и 0.685 [0.652; 0.701], соответственно).

С целью определения значимости опыта и специальности эксперта в воспроизводимости классификации было выполнено ее сравнение между врачами, имеющими стаж работы менее и более 10 лет, а также отдельно нейрохирургами и травматологами-ортопедами, имеющих опыт работы более 10 лет. В качестве условного «золотого стандарта» использовались данные главного исследователя. Воспроизводимость классификации хирургами со стажем работы <10 лет была меньше ($\kappa=0.781$ [0.767; 0.798]), чем более опытных коллег ($\kappa=0.808$ [0.789; 0.817]), однако эти данные были не значимы ($p=0.287$). Аналогичные данные получены при анализе роли специальности хирургов: травматологи-ортопеды - $\kappa=0.799$ [0.774; 0.814], нейрохирурги - $\kappa=0.791$ [0.769; 0.817] ($p=0.687$).

Таб 29. Средняя матрица ошибок межэкспертных оценок для определения клинического синдрома

Пациент	Биомеханический тип				Клинический синдром		Хирургическая тактика				
	I	II	III	IV	Компрессионный	Нестабильности	Декомпрессия	Моноsegmentарный спондилодез «in situ» с или без декомпрессией	Моноsegmentарный корректирующий спондилодез с или без декомпрессией	Моно-короткосegmentарный корректирующий спондилодез с обязательным восстановлением (L4-S1) с Low LL или без	Коротко-полиsegmentарный корректирующий спондилодез с восстановлением Low LL (L4-S1) и LL с или без декомпрессией
1	0	0	1	10	10	1	1	0	0	1	9
2	1	0	10	0	2	9	1	0	1	9	0
3	0	0	10	1	1	10	0	0	2	9	0
4	0	1	8	2	11	0	9	0	1	0	0
5	0	0	11	0	2	9	1	1	1	8	0
6	0	0	10	1	1	10	1	0	2	8	0
7	0	7	4	0	2	9	1	1	4	5	0
8	0	0	10	1	0	11	0	1	2	8	0
9	0	0	1	10	0	10	0	0	1	2	7
10	4	0	3	5	11	0	11	0	0	0	0
11	0	0	11	1	11	0	10	0	0	0	0
12	0	0	9	2	9	1	9	1	0	0	0
13	0	0	10	0	0	10	0	0	0	11	0
14	2	0	9	0	10	1	10	0	0	1	0
15	0	0	11	0	0	11	1	1	0	9	0
16	0	0	0	11	0	11	2	1	1	2	5
17	0	0	8	3	0	11	1	0	2	5	3
18	0	1	9	1	10	1	9	0	1	1	0
19	2	0	7	2	11	0	11	0	0	0	0
20	0	0	0	11	11	0	10	0	0	0	1

Данные этого исследования соответствуют существенной межэкспертной воспроизводимости, что отвечает требованиям надежности для систем классификации. Значения каппы=0,60 - 0,80 часто используются в качестве минимальных стандартов коэффициентов надежности [157].

Резюме к Главе 5.

Представлена рабочая лечебно-диагностическая классификация дегенеративных поражений поясничного отдела позвоночника и проведена внутри и межэкспертная воспроизводимость. Она базируется на выделении 4 биомеханических типов поражения, определяемых путем персонифицированной оценки позвоночно-тазовых и глобальных параметров сагиттального профиля, превалирующего клинического синдрома, что позволяет определять тактику хирургического лечения. Представлены 4 биомеханических типа поясничного отдела позвоночника: гармоничный, сегментарный дисбаланс, регионарный и глобальный дисбаланс. Данные типы определялись путем анализа параметров сагиттального профиля позвоночника, которые по данным литературы имеют значимую корреляцию с качеством жизни и которые можно рассчитать для каждого индивидуально исходя из значений PI, типа Ruossuoly и возраста.

Для классификации разработан алгоритм, позволяющий определять биомеханический тип, и в зависимости от превалирующего клинического синдрома вырабатывать соответствующую хирургическую тактику.

Данная классификация предложена для стенозов, деформаций и сегментарной нестабильности дегенеративного генеза. Проведена мультицентровая внутри- и межэкспертной воспроизводимость классификация: ФГАУ НМИЦ нейрохирургии им. академика Н.Н. Бурденко, ФГБУ Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования (г Баранул), ФГБУ Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования (г Чебоксары), НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова Минздрава РФ, ФГБУ «НМИЦ ТО им Н. Н. Приорова» Минздрава РФ, ФГБОУ

ВО «Российский университет медицины» Минздрава России (нейрохирург, опыт >10 лет), Клинический медицинский центр НОИ им. Н. А. Семашко.

Валидация классификации проведена экспертами в области спинальной хирургии. Данный анализ выполнен на клиническом материале 20 пациентов с дегенеративным спондилолистезом L4. По результатам расчета каппах Кохена отмечена отличная воспроизводимость (0.81-1.00), каппа Флейса существенная воспроизводимость (0.61-0.80). Опыт хирурга и хирургическая специальность значимо не влияли на воспроизводимость классификации.

Глава 6. Оценка клинико-радиологической эффективности оригинальной рабочей классификации при хирургическом лечении пациентов с моносегментарным дегенеративным спондилолистезом

Для решения поставленной задачи было проведено 2 исследования следующего дизайна:

1) Проспективное сплошное исследование результатов хирургического лечения пациентов с моносегментарным дегенеративным спондилолистезом поясничного отдела позвоночника согласно лечебно-диагностической классификации Gille. Клиническим материалом для исследования были данные 128 пациентов, оперированные в период с 2015 по 2017 года. Период наблюдения составил 12-16 мес с момента операции.

2) Проспективное сплошное исследование результатов хирургического лечения пациентов с дегенеративным спондилолистезом поясничного отдела позвоночника по предложенному лечебно-диагностическому алгоритму. Клиническим материалом для исследования были данные 102 пациентов, оперированных в период с 2018 по 2019 года.

Пациенты первого исследования были составили I группу, второго – II группу. Период наблюдения составил 12-16 мес с момента операции. Показанием для хирургического лечения были вертеброгенный болевой синдром с неврологическим дефицитом или без него, нейрогенная перемежающаяся хромота. Морфологическим субстратом клинических проявлений был моносегментарный дегенеративный спондилолистез L3 или L4 в сочетании с дегенеративным стенозом позвоночного канала и (или) сегментарной нестабильностью.

До операции объем инструментального обследования составил: функциональная рентгенография поясничного отдела позвоночника (сгибание и разгибание в боковой проекции); рентгенография позвоночника в положении стоя в обычной позе, в двух стандартных проекциях от С0 до средней трети

бедренных костей, положение кистей на противоположных ключицах; МРТ и МСКТ поясничного отдела позвоночника. После операции: рентгенография позвоночника в положении стоя в обычной позе, в двух стандартных проекциях от С0 до средней трети бедренных костей, положение кистей на противоположных ключицах; при необходимости – МСКТ и (или) МРТ поясничного отдела позвоночника. В период завершающего контрольного осмотра: функциональная рентгенография поясничного отдела позвоночника (сгибание и разгибание в боковой проекции); рентгенография позвоночника в положении стоя в обычной позе, в двух стандартных проекциях от С0 до средней трети бедренных костей, положение кистей на противоположных ключицах; МСКТ поясничного отдела позвоночника, при необходимости МРТ поясничного отдела позвоночника.

У пациентов проведена оценка:

- клинических и демографических параметров: возраст, пол, ИМТ, интенсивность болевого синдрома в спине и ноге (-ах) по VAS, качество жизни согласно индексу дееспособности ODI, достижение MCID по ODI;
- хирургические: длительность операции, кровопотеря, тип спондилодеза, уровни хирургического вмешательства;
- радиологические (по данным Rg, МРТ, МСКТ): PI, PT, SVA, SL, IB (index Barrey), LL, PI-LL, LDI (Lumbar distribution index - L4-S1/LL), тип Roussouly, межтеловой блок по Tan;
- прочие: длительность госпитализации, осложнения (интраоперационные, послеоперационные).

Хирургическая тактика при лечении 128 пациентов I группы, классифицированных по системе Gille, основывалась на предложенном им лечебно-диагностическом протоколе [116, 115]. Хирургическое лечение пациентов II группы проводилось согласно разработанному нами лечебно-диагностическому алгоритму. Для этого в предложенной классификации выделяются 4 типа изменений: гармоничный, сегментарный дисбаланс, регионарный дисбаланс и глобальный дисбаланс. При каждом

биомеханическом типе хирургическая тактика проводится в соответствии с превалирующим клиническим синдромом: компрессии, нестабильности (или аксиальных болей), либо их комбинации. При необходимости проведения стабилизации и коррекции основополагающим моментом является восстановление сегментарных, регионарных и глобальных параметров согласно рассчитанным целевым показателям, позволяющим создать гармоничный сагиттальный профиль.

Критерии включения в исследования:

- возраст старше 40 лет
- клинически значимый дегенеративный спондилолистез L3 или L4 в сочетании с дегенеративным стенозом позвоночного канала и (или) сегментарной нестабильностью
- полный комплекс до- и послеоперационного обследования: Rg, MPT, МСКТ
- тип N деформации позвоночника во фронтальной плоскости по SRS-Schwab
- I тип изменений по Aebi.

Критерии исключения:

- предшествующие операции на позвоночнике
- истмический и иной тип спондилолистеза, кроме дегенеративного
- недегенеративные поражения поясничного отдела позвоночника.

В таб 30 представлены сроки и методы обследования пациентов настоящего исследования.

Таб 30. Сроки и методы обследования пациентов проспективного исследования

Сроки Методы Обследования	До операции	При выписке	Через 12-16 мес.
Информированное согласие пациента на оперативное вмешательство	+	-	-
Клинический осмотр, оценка неврологического статуса	+	+	+
Анкетирование VAS	+	+	+
Анкетирование ODI	+	-	+
Рентгенография ПОП в двух проекциях с функциональными пробами	+	-	+
Постуральная рентгенография позвоночника в 2-х проекциях	+	+	+
МРТ ПОП	+	-/+	-/+
МСКТ ПОП	+	-/+	+

Целью данного исследования было выявление преимуществ, разработанной лечебно-диагностической классификации, в сравнении с системой Gille, на гомогенной по нозологии когорте пациентов с моносегментарным дегенеративным спондилолистезом на поясничном отделе позвоночника. Для выявления преимуществ были сравнены следующие характеристики: длительность хирургического вмешательства, объем кровопотери, количество спондилодезированных позвонков, VAS спина и нога, ODI, осложнения, реоперации.

6.1 Клинико-радиологическая характеристика дооперационных данных пациентов, оперированных согласно лечебно-диагностическому алгоритму Gille

Общая когорта пациентов для исследования составила 128 пациентов, соответствующая критериям включения, из которых 28 были мужского пола, 100 женского. Возраст пациентов – 61 [57; 65] лет, ИМТ - 31 [29,4; 32,625] кг/м². Демографические данные пациентов при разных типах дегенеративного спондилолистеза по Gille представлены в таб 31. Из нее определено, что представителей женского пола больше в каждом типе. При увеличении типа спондилолистеза отмечено и значимое увеличение возраста: пациенты с 1А и 1В типом значимо моложе пациентов с 3 типом ($p<0.001$), 2В ($p=0,026$ и $p=0,044$, соответственно) и 2А типами ($p<0,0001$). Значимых различий по параметру ИМТ у пациентов с разными типами спондилолистеза не выявлено ($p>0.05$).

Таб 31 – Демографические данных пациентов при разных типах дегенеративного спондилолистеза по Gille.

<i>Тип спондилолистеза</i>	<i>Пол (жен/муж)</i>	<i>Возраст, лет</i>	<i>ИМТ, кг/м²</i>
<i>1А тип (n=46)</i>	33/13	60 [54;64]	30,95 [28,625;32,7]
<i>1В тип (n=36)</i>	27/9	59 [56;63]	30,8 [28,8;32,4]
<i>2А тип (n=10)</i>	8/2	65 [62,75;67,5]	31 [30,4;33,025]
<i>2В тип (n=15)</i>	13/2	65 [57;66]	31,2 [29,4;33,7]
<i>3 тип (n=21)</i>	19/2	64 [61;69]	31,2 [30,4;32,4]

Анализ дооперационных параметров болевого синдрома и качества жизни пациентов представлены в таб 32. При оценке различий по параметру ODI у пациентов с разными типами спондилолистеза выявлено значимо худшее качество жизни у пациентов с 3 типом с 2В ($p=0,022$), 2А, 1В и 1А $p<0,001$). Относительно VAS в спине отмечено, что при увеличении типа

спондилолистеза отмечено большее значение интенсивности болевого синдрома. Пациенты с 3, 2А и 2В типами имеют более выраженный болевой синдром ($p<0,05$). При этом пациенты с 1А и 1В типами имели более выраженный болевой синдром в ногах по VAS, чем пациенты с 2А, 2В и 3 типом ($p<0,05$). При корреляционном анализе отмечена значимая зависимость между типом спондилолистеза по Gille и показателями качества жизни и интенсивностью болевого синдрома: с ODI ($r=0,3$), с VAS спина ($r=0,7$) и с VAS нога ($r=-0,4$).

Таб 32. Характеристика VAS спина и нога и ODI у пациентов с разными типами спондилолистеза до операции.

<i>Тип спондилолистеза</i>	<i>VAS спина, баллы</i>	<i>VAS нога, баллы</i>	<i>ODI, %</i>
<i>1А тип (n=46)</i>	5 [4;6]	6 [6;7]	58 [52;64]
<i>1В тип (n=36)</i>	5 [4;6]	6 [6;7]	60 [54,5;64]
<i>2А тип (n=10)</i>	6,5 [6;7]	5,5 [4;7]	61 [52;65,5]
<i>2В тип (n=15)</i>	6 [6;7]	6 [5;7]	60 [52;68]
<i>3 тип (n=21)</i>	7 [7;8]	5 [4;6]	64 [58;72]
<i>общее</i>	6 [4,25;7]	6 [5;7]	60 [54;64]

Дооперационные радиологические характеристики пациентов с разными типами спондилолистеза по Gille представлены в таб 33. Значимых различий по параметру PI не выявлено. Однако, значения параметров PT, LL, PI-LL, SL и SVA, существенно усугубляются при увеличении типа спондилолистеза ($p<0,05$). При этом наиболее грубые изменения выявлены при 3 типе. При оценке значимости взаимосвязей между типами спондилолистеза по Gille и

радиологическими данным выявлено следующее: с PI - $r=-0,08$, с PT - $r=0,9$, с LL - $r=-0,6$, с PI-LL - $r=0,9$, с SL - $r=-0,7$, с SVA - $r=0,8$. Таким образом, имеются значимые корреляционные связи с позвоночно-тазовыми и параметрами глобального баланса, характеризующие усугубление сагиттального профиля позвоночника, с типом спондилолистеза.

Таб 33. Анализ показателей дооперационных радиологических параметров пациентов с разными типами спондилолистеза по Gille.

<i>Тип спондилолистеза</i>	PI, градусы	PT, градусы	LL, градусы	PI-LL, градусы	SL, градусы	SVA, мм
<i>1A тип (n=46)</i>	54 [49;59,25]	12 [8;14]	50,5 [45,75;57]	4 [2;5,25]	9 [7;12]	2,65 [1,7;3,525]
<i>1B тип (n=36)</i>	52,5 [48;57,75]	11 [9;14]	45 [42,25;50,75]	7 [6;8]	1 [1;2]	2,85 [1,95;3,4]
<i>2A тип (n=10)</i>	53,5 [52;56,25]	21,5 [18;23,25]	42,5 [39;46,25]	12 [11,75;13,25]	1 [0;2]	3,65 [3,4;3,8]
<i>2B тип (n=15)</i>	54 [49;57]	26 [25;27]	42 [38;45]	12 [12;13]	0 [0;1]	3,7 [3,7;3,9]
<i>3 тип (n=21)</i>	54 [49;56]	28 [27;29]	35 [31;39]	18 [16;20,5]	0 [-1,5;1]	8,7 [7,75;9,65]
<i>общее</i>	54 [49;57]	14 [10;25,75]	45 [39;50,75]	7,5 [5;12]	2 [0;8]	3,4 [2,3;3,9]

Так же проведена оценка корреляционных связей между радиологическими параметрами (таб 34). При анализе было определено, что параметры, которые изменяются при развитии сагиттального дисбаланса, имеют значимую взаимосвязь, что сопоставимо с данными литературы.

Таб 34. Корреляционный анализ связи дооперационных радиологических параметров пациентов. * - параметры имеют значимую связь

Параметры	PI	PT	LL	PI-LL	SL	SVA
PI	1	0.21	0.76*	0.01	0.15	0.17
PT	0.21	1	-0.36*	0,82*	-0.53*	0,79*
LL	0.76*	-0.36*	1	-0.63*	0.54*	-0.39*
PI-LL	0.01	0,82*	-0.63*	1	0.67*	0,81*
SL	0.15	-0.53*	0.54*	-0.67*	1	-0.45*
SVA	0.17	0,79*	-0.39*	0,81*	-0.45*	1

При оценке корреляционной связи радиологических параметров с параметрами качества жизни и интенсивности болевого синдрома выявлены следующие закономерности. С ODI значимую связи имеют SVA ($r=0.3$), LL ($r=-0.3$), PI-LL ($r=0.3$); с VAS в спине - SL ($r=-0.5$), PT ($r=0.6$), SVA ($r=0.5$), LL ($r=-0.5$), PI-LL ($r=0.6$); с VAS в ноге - SL ($r=0.3$), PT ($r=-0.4$), SVA ($r=-0.4$), PI-LL ($r=-0.3$).

6.2 Анализ результатов хирургического лечения пациентов, оперированных согласно лечебно-диагностическому алгоритму Gille

Хирургические вмешательства у пациентов с дегенеративным спондилолистезом, классифицированных по лечебно-диагностическому алгоритму Gille, были следующих типов: декомпрессивные, стабилизирующие, корригирующие и их комбинация. Для этого применялись технологии: резекция дугоотросчатых суставов и гипертрофированной желтой связки с ипси-

и контрлатеральной сторон, фасетэктомия, ламинэктомия; транспедикулярная фиксация; вентральный, боковой, трансфораминальный, задний межтеловой спондилодезы; корригирующие вертебротомии по классификации Schwab. При проведении стабилизации, она обязательно включала межтеловой спондилодез и транспедикулярную фиксацию. Основанием для применения одной или комбинации из вышепереведенных технологий были задачи, направленные на купирование превалирующего клинического синдрома и создания прогностически благоприятных биомеханических условий.

Так как все пациенты, включенные в исследование, имели компрессионный синдром, то во всех 128 клинических случаях проводилась декомпрессия за счет резекцией компремирующих структур. Изолированная декомпрессия интраканальных сосудисто-нервных образований без применения стабилизирующих конструкций выполнена: при 1А типе в 16 (34,8%) случаях, при 1В в 5 (13,9%) случаях. В случаях диагностики 2А, 2В и 3 типов - изолированная декомпрессия не выполнялась. При наличии клинических значимой сегментарной нестабильности и необходимости коррекции использовались соответствующие технологии (таб 35). В случае применения комбинации хирургических технологий (ALIF, DLIF, PLIF или TLIF в сочетании с ТПФ) лечение проводилось в одну или несколько хирургических сессий. Основанием для разделения вмешательства на этапы был исходный соматический статус, который оценивался по индексу коморбидности Чарлсон. При высоком риске хирургическое лечение проводилось в несколько сессий, чтобы снизить единовременную хирургическую травму, одномоментную длительность вмешательства и анестезиологического обеспечения, что значительно влияет на частоту периоперационных осложнений. Средний интервал между этапами операции составил $6,1 \pm 1,58$ дня.

Таб 35. Технологии стабилизации и коррекции применяемые при хирургическом лечении пациентов с разными типами спондилолистеза по Gille

Тип спондилолистеза по Gille	Стабилизация							Коррекция (остеотомия Schwab)		
	ТПФ (уровни)				спондилодез					
	1	2	3	4	PLIF/T LIF	DLIF	ALIF	I тип	II тип	III тип
1A (n=46)	30 (65,2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	30 (65,2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
1B (n=36)	31 (88,6%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	27 (75,0%)	4 (11,1%)	0 (0%)	22 (61,1%)	11(3 0,6%)	0 (0%)
2A (n=10)	5 (50,0%)	5 (50,0%)	0 (0%)	0 (0%)	9 (90,0%)	4 (40,0%)	2 (20,0%)	0 (0%)	10 (100%)	0 (0%)
2B (n=15)	3 (20,0%)	12 (80,0%)	0 (0%)	0 (0%)	11 (73,3%)	5 (33,3%)	10 (66,7%)	4 (26,7%)	15 (100%)	0 (0%)
3 (n=21)	0 (0%)	11 (52,4%)	9 (42,9%)	1 (4,7%)	9 (42,9%)	8 (38,1%)	21 (100%)	12 (57,1%)	21 (100%)	0 (0%)

Хирургические характеристики и длительность послеоперационного пребывания пациентов при лечении пациентов с разными типами спондилолистеза представлены в таб 36. По результатам анализа определяется, что при продолжительности хирургического вмешательства, объем кровопотери и продолжительность послеоперационной госпитализации увеличиваются при повышении типа спондилолистеза. При проведении корреляционного анализа выявлена значимая связь между типом спондилолистеза и длительностью операции ($r=0.866$), объемом интраоперационной кровопотери ($r=0.624$) и послеоперационным койко-днем ($r=0.715$).

Таб 36. Анализ длительности операции, объема кровопотери и послеоперационного койко-дня у пациентов с разными типами спондилолистеза по Gille

<i>Тип спондилолистеза</i>	<i>Длительность операции, минуты</i>	<i>Объем кровопотери, мл</i>	<i>Послеоперационный койко-день, дни</i>
<i>1A тип (n=46)</i>	170 [77,5;191,25]	300 [80;450]	9 [5,75;12]
<i>1B тип (n=36)</i>	180 [160;210]	325 [205;487,5]	10 [8,25;12,75]
<i>2A тип (n=10)</i>	290 [230;315]	550 [387,5;800]	15 [9,75;17]
<i>2B тип (n=15)</i>	320 [280;330]	600 [400;700]	15 [12;18]
<i>3 тип (n=21)</i>	420 [395;515]	700 [650;1175]	20 [18;26]
<i>общее</i>	200 [170;315]	400 [250;650]	12 [9;15,75]

Анализ изменений радиологических параметров общей когорты пациентов, на которых базируется классификации Gille:

- SL после операции составил 11 [8;12], через 12 мес - 10 [8;11], что было значимо больше в сравнении с дооперационными данными ($p<0.001$). Так же статистически значимым было уменьшение SL в течении 12 мес после операции ($p<0.05$);

- РТ после операции – 13.5 [10;22], через 12 мес - 13 [10;20], что было значимо меньше в сравнении с дооперационными данными ($p<0.05$). Динамика послеоперационных изменений РТ течении 12 мес была статистически не значима ($p=0.669$);

- PI-LL после операции – 6 [4;9], через 12 мес – 7 [4;8], что было значимо меньше в сравнении с дооперационными данными ($p<0.001$). Динамика

послеоперационных изменений PI-LL течении 12 мес была статистически не значима ($p=0.704$);

- SVA после операции – 3,65 [2,7;4,3], через 12 мес – 3,4 [2,7;4,1], что, однако, было статистически не значимо в сравнении с дооперационными данными ($p=0.395$ и $p=0.250$).

При анализе изменений основных оцениваемых радиологических параметров у пациентов при разных типах спондилолистеза по Gille получены данные, которые в полной мере не сопоставимы с данными общей когорты пациентов. Результаты представлены на **рис 44-47**. SL у пациентов с 1А типом не имел значимых изменений с дооперационными показателями. При остальных типах спондилолистеза отмечено значимое увеличение SL после операции ($p<0.05$), при этом выявлено его уменьшение в течении периода наблюдения, которое было статистически значимо в группах 2А, 2В и 3 ($p<0.05$). Параметр РТ значимо не изменился в сравнении с дооперационными показателями и в течении периода наблюдения у пациентов с 1А и 1В типами, при этом при 2А, 2В и 3 типах отмечено статистически значимое его уменьшение в течении всего периода наблюдения. PI-LL при всех типах спондилолистеза, кроме 1А, значимо уменьшился после операции ($p<0.05$), но в дальнейшем существенной динамики не выявлено. Параметр SVA значимо уменьшился после операции только при 3 типе спондилолистеза ($p<0.001$) и в дальнейшем существенно не изменился ($p=0.188$).

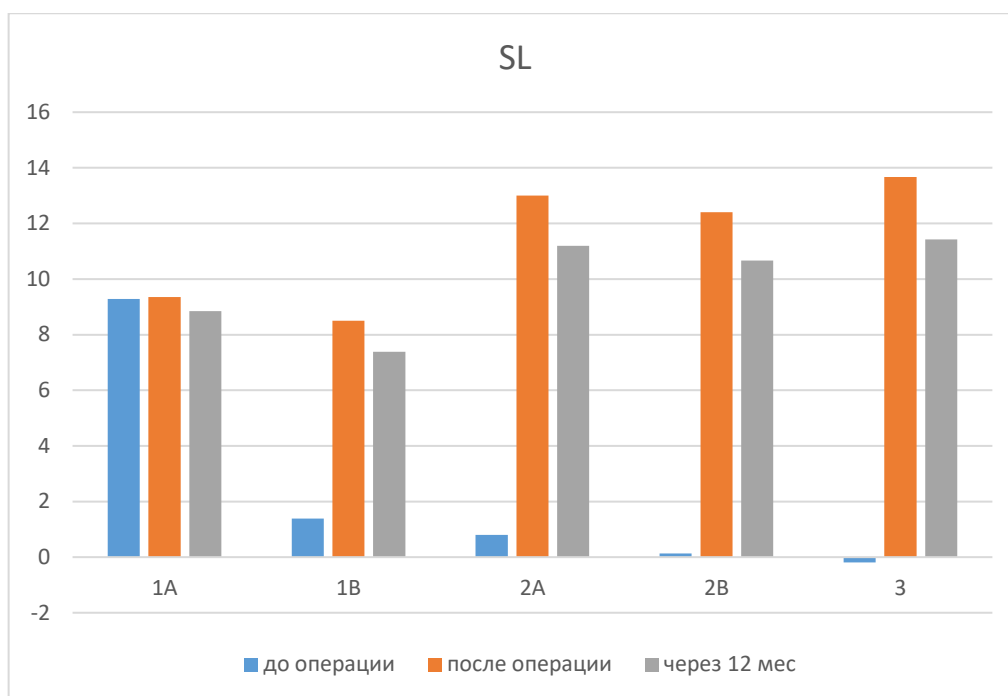


Рис 44. Динамика изменений SL в периоды наблюдения у пациентов с разными типами спондилолистеза по Gille.

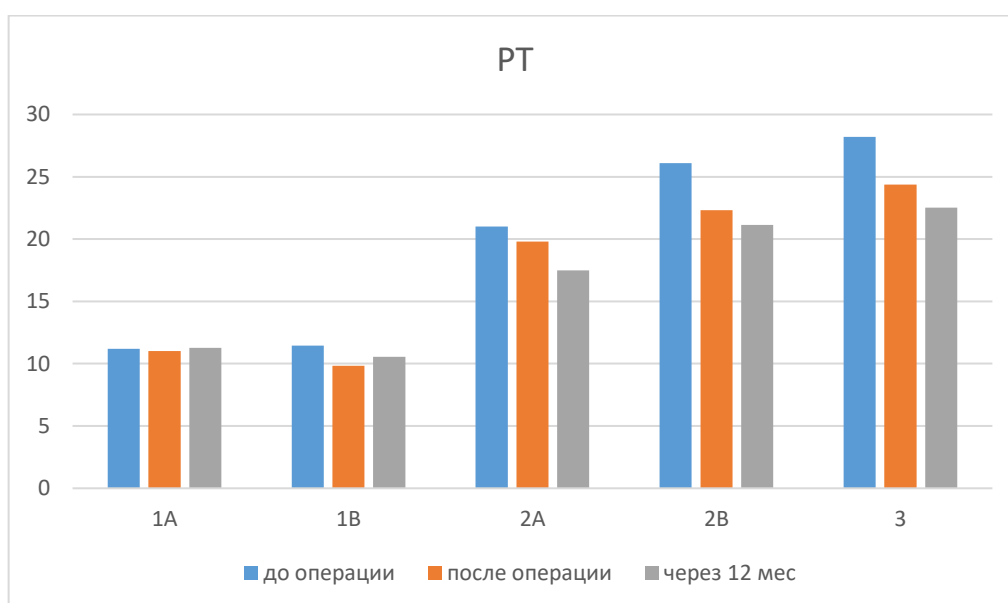


Рис 45. Динамика изменений PT в периоды наблюдения у пациентов с разными типами спондилолистеза по Gille.

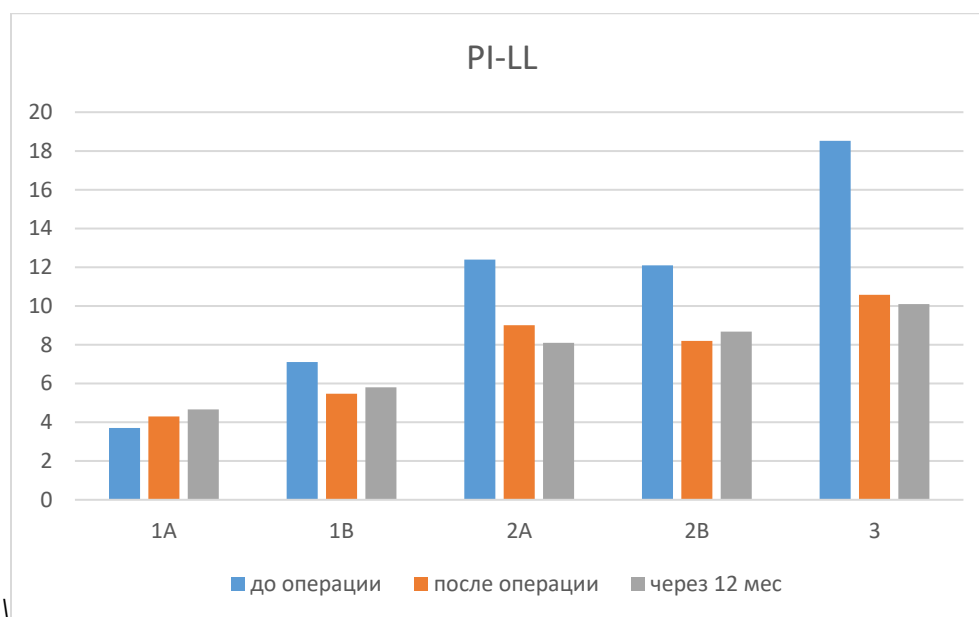


Рис 46. Динамика изменений PI-LL в периоды наблюдения у пациентов с разными типами спондилолистеза по Gille.

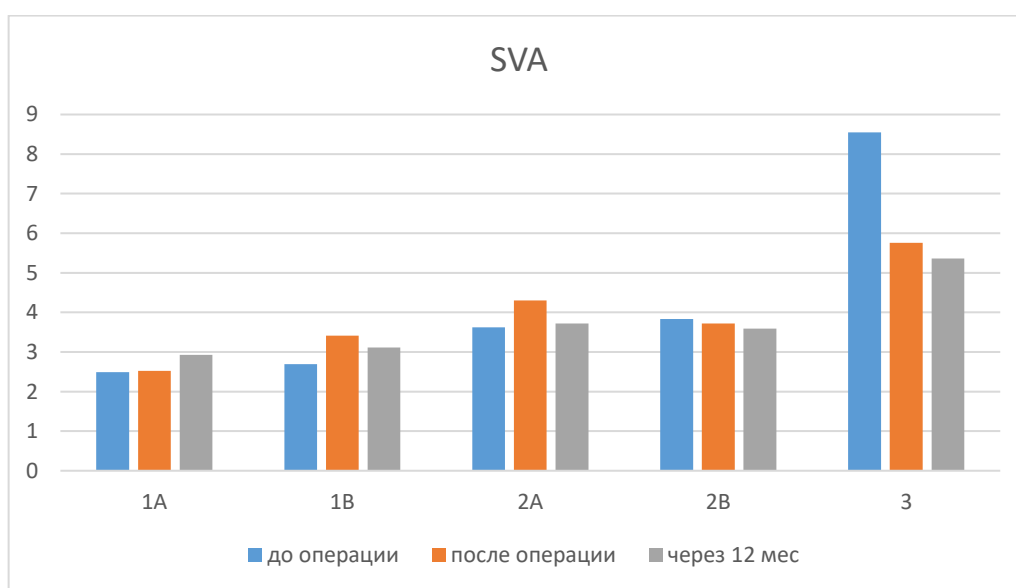


Рис 47. Динамика изменений SVA в периоды наблюдения у пациентов с разными типами спондилолистеза по Gille.

При проведении анализа клинических параметров в общей когорте пациентов, включающих оценку интенсивности болевого синдрома в спине и ноге и качества жизни, отмечено значимое их улучшение (рис 48-49). VAS в спине после операции уменьшился ($p < 0.001$), при этом в течении 12 мес наблюдения болевой синдром так же уменьшился в сравнении с

послеоперационными данными, что было статистически значимым ($p < 0.001$). Значения параметра VAS в ноге после операции значимо уменьшились ($p < 0.001$), но затем существенной динамики в течении периода наблюдения не отмечалось ($p = 0,203$). Показатели ODI на период контрольного осмотра имели значимые различия с дооперационными значениями ($p < 0.001$).

Рис 48. Динамика изменений VAS ноги до и после операции и через 12 мес в общей когорте пациентов.

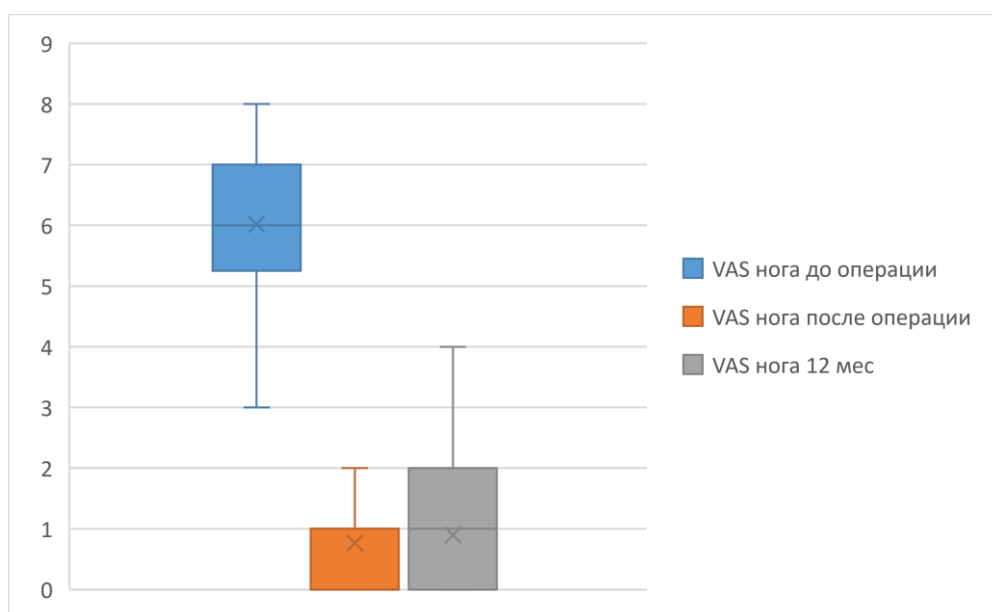
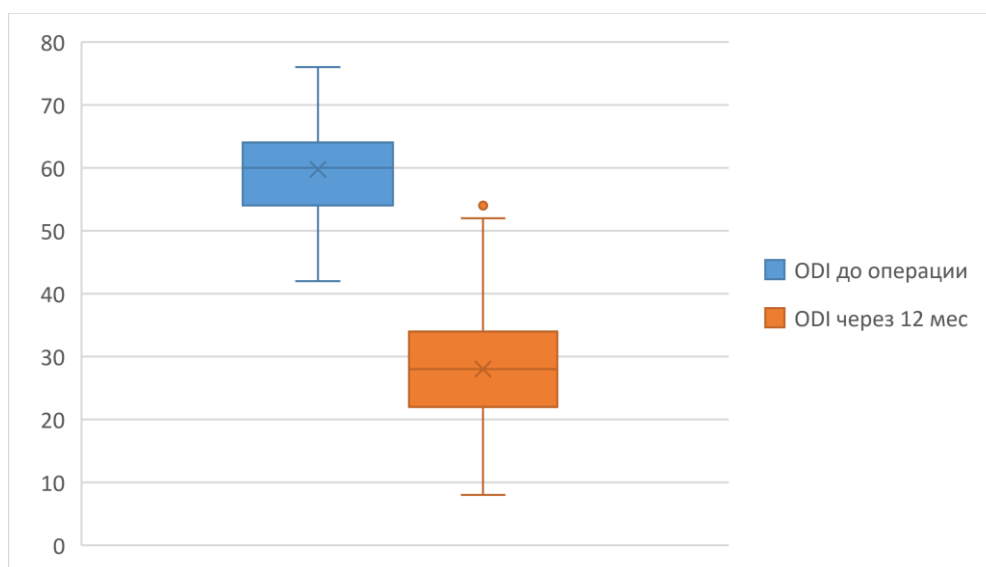


Рис 49. Динамика изменений показателей ODI до операции и через 12 мес в общей когорте пациентов.



Анализ клинических параметров при разных типах спондилолистеза по Gille так же определил значимое улучшение их показателей в послеоперационном периоде и на момент контрольного осмотра (рис 50-52). VAS в спине после операции при всех типах спондилолистеза значительно уменьшился после операции ($p < 0,001$), однако, данная тенденция прослеживалась в течении периода наблюдения при 1А, 1В и 2В типах ($p = 0,0297$, $p = 0,0006$ и $p = 0,0068$ соответственно), при 2А и 3 типе болевой синдром существенно не изменился ($p = 0,1192$ и $p = 0,8613$ соответственно). Показатели VAS в ноге значительно уменьшились после операции при всех типах спондилолистеза ($p < 0,001$). В период наблюдения данным параметр изменился в сторону усугубления при 1А типе ($p = 0,0008$), улучшения при 2В типе ($p = 0,0148$), при 1В, 2А и 3 типах значимой динамики не отмечено ($p = 0,1944$, $p = 0,7549$ и $p = 0,2662$ соответственно). Качество жизни, оцененное по шкале ODI, улучшилось во всех группах ($p < 0,001$).

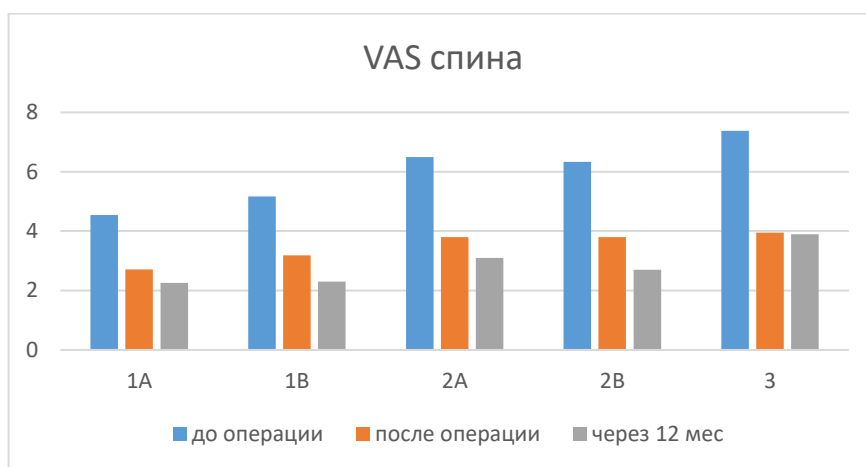


Рис 50. VAS спина в периоды наблюдения у пациентов с разными типами спондилолистеза по Gille.

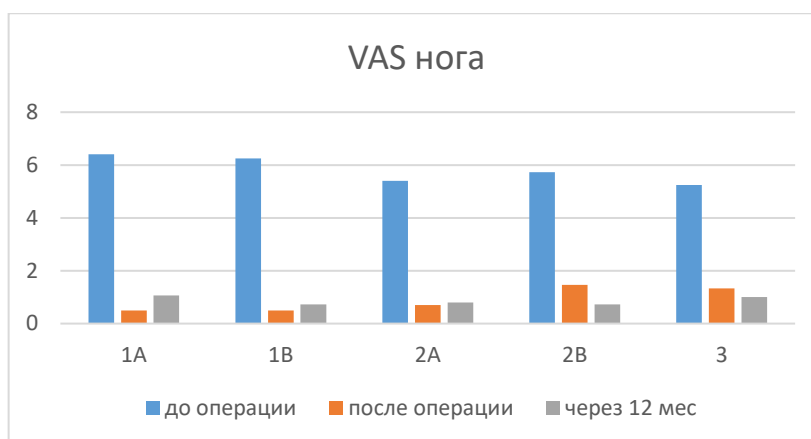


Рис 51. VAS стина в периоды наблюдения у пациентов с разными типами спондилолистеза по Gille.

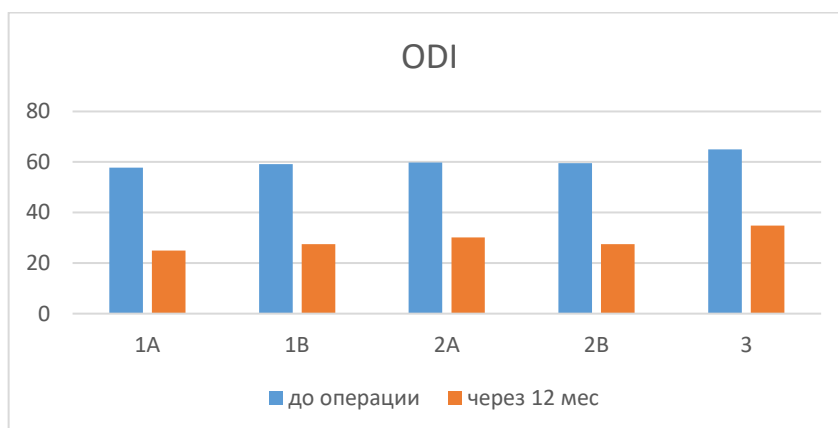


Рис 52. ODI периоды наблюдения у пациентов с разными типами спондилолистеза по Gille.

В общей когорте пациентов настоящего исследования преодоление порогового значения MCID по ODI было отмечено в 111 (86,7%) случаях. Анализ данного параметра при разных типах спондилолистеза представлен на **рис 53**. Наибольшая частота достижения порогового значения MCID отмечена при хирургическом лечении пациентов с 2A типом, наименьшая - с 3 типом, что может быть объяснено более грубой исходной патологией поясничного отдела позвоночника и большим объемом хирургического вмешательства. Однако, достоверных различий выявлено не было ($p > 0.05$).

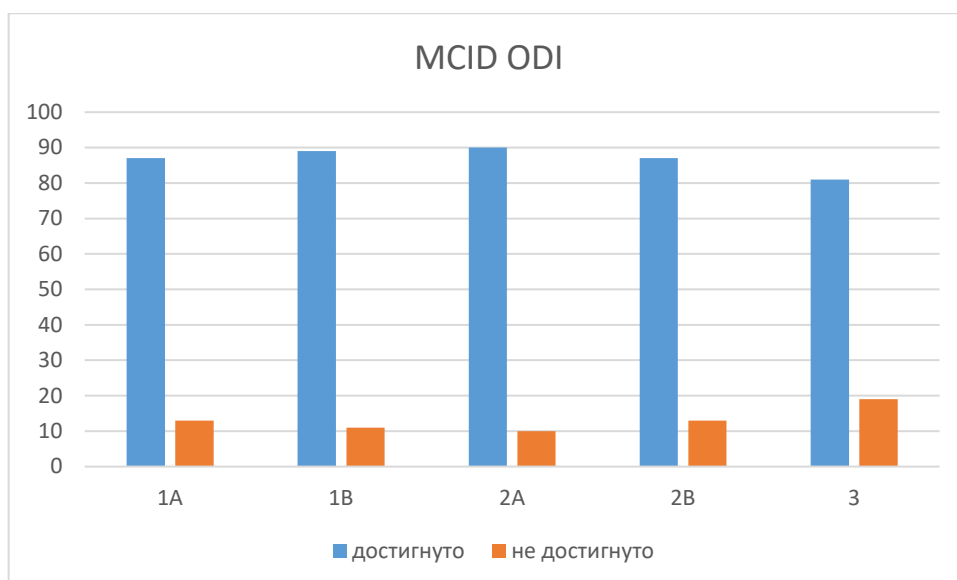


Рис 53. Преодоление порогового значения MCID для ODI (выражено в %)

Создание первично-стабильной фиксации способствует значимому улучшению клинического состояния в ближайшем послеоперационном периоде. Однако, долгосрочные клинические результаты во многом зависят от степени сращения тел смежных позвонков в зоне спондилодеза (блок или псевдоартроз). У пациентов, имеющих сформированный искусственный блок, отмечен достоверно меньший уровень болевых ощущений и значительно выше качество жизни. В нашей работе проведен анализ достижения межтелового блока в зоне спондилодеза согласно классификации Tan GH [249]. Сформированным блок считался, если по данным МСКТ изменения соответствовали критериям 1 и 2 стадии, и несформированный – 3 и 4 стадии. У пациентов с 1А типом спондилолистеза в 30 (65,2%) случаях проводился спондилодез, при 1В типе – в 31 (83,8%) случае, при 2А, 2В и 3 типах в 100% случаях. Таким образом, в общей когорте пациентов проведено 103 (80,5%) пациентам выполнен спондилодез. Сформированный искусственный костно-металлический блок через 12 мес отмечен у 89 (86,4%) пациентов. Распределение частоты сформированного блока, согласно критериям Tan, у пациентов с разными типами спондилолистеза представлены на **рис 54**. Несмотря на большие по объему хирургические вмешательства при 2А, 2В и 3

типах частота сформированности межтелового блока была практически идентична ($p>0.05$).

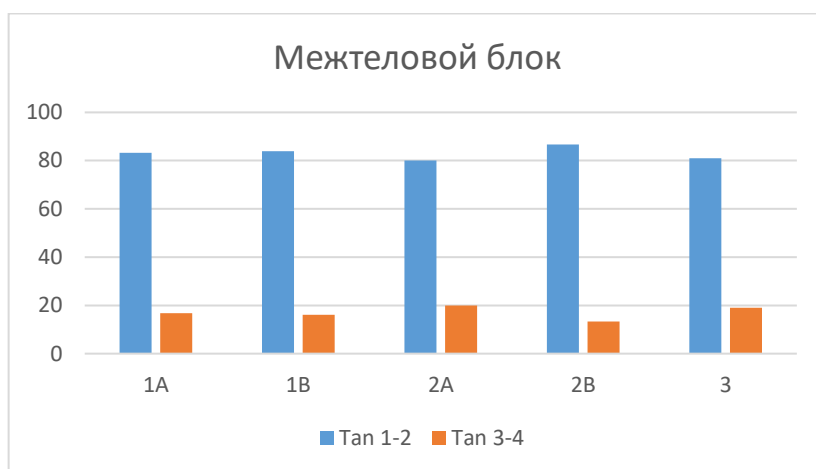


Рис 54. Сформированность межтелового блока по Tan у пациентов с разными типами спондилолистеза.

Проведя корреляционный анализ параметров сагиттального баланса и клинических показателей со сформированностью межтелового блока, выявлены следующие значимые взаимосвязи последнего с:

- преодолением порогового значения MCID для ODI ($r=0.674$)
- с ODI через 12 мес ($r=-0.624$)
- с VAS спина через 12 мес ($r=-0.528$)

Ни один из применяемых в классификационной системе Gille радиологических параметров, демографических параметров (пол, возраст) и ИМТ не имели значимой корреляционной связи со сформированностью межтелового блока ($r<0.3$).

Осложнения выявлены у 47 пациентов в общей когорте, что составило 36,7%. Уточнение видов осложнений исследуемой когорты пациентов представлено в таб 37. Как видно из таблицы наибольшее количество осложнений представлено прочими - 28 (21,9%), в которые были включены – посткатетеризационный цистит ($n=3$), бессимптомная лейкоцитурия ($n=9$), острый инфаркт миокарда ($n=1$), острое нарушение мозгового кровообращения

(n=1), острая потеря зрения (n=1), острый конъюнктивит (n=2), анемия средней и тяжелой степени тяжести (n=6), пневмония (n=1), ожог пассивным электродом монополярного коагулятора (n=1), транзиторная дифония (n=2), острая язва желудка (n=1). При проведении корреляционного анализа отмечено, что значимая связь имела между общим количеством осложнений и типом спондилолистеза ($r=0.308$), длительностью операции ($r=0.315$), продолжительностью госпитализации ($r=0.363$), с применением вентрального межтелового спондилодеза ($r=0.305$), с дооперационным SVA ($r=0.327$), послеоперационным SVA ($r=0.348$). При оценке связи клинических, хирургических и радиологических параметров с разными видами осложнений отмечена значимая корреляция между: неврологическими осложнениями и применением DLIF ($r=0.410$); тромбозмболические с количеством спондилодезированных сегментов ($r=0.351$), ALIF ($r=0.532$), длительностью операции ($r=0.308$), продолжительностью госпитализации ($r=0.371$).

Таб 37. Характеристика осложнений у пациентов с разными типами спондилолистеза по Gille.

Тип спондилолистеза по Gille	Механические	Инфекционные	Неврологические	Тромбо-эмболические	Прочие	Пациентов с осложнениями
1A (n=46)	2 (4,3%)	1 (2,2%)	4 (8,7%)	0 (0,0%)	8 (17,4%)	12 (26,1%)
1B (n=36)	1 (2,8%)	1 (2,8%)	2 (5,6%)	1 (2,8%)	5 (13,9%)	10 (27,8%)
2A (n=10)	1 (10,0%)	0 (0,0%)	2 (20,0%)	0 (0,0%)	1 (10,0%)	4 (40,0%)
2B (n=15)	2 (13,3%)	1 (6,67%)	1 (6,67%)	1 (6,67%)	3 (20,0%)	6 (40,0%)
3 (n=21)	2 (9,5%)	0 (0,0%)	4 (19,0%)	5 (23,8%)	11 (52,4%)	15 (71,4%)
Общее количество (n=128)	8 (6,3%)	3 (2,3%)	13 (10,2%)	7 (5,5%)	28 (21,9%)	47 (36,7%)

Общее количество реопераций в исследуемой когорте составило 12 (9,4%) случаев. У пациентов с 1А типом спондилолистеза (n=46) выполнено 3

(6,5%) повторных операции: 2 случая - клинически значимая мальпозиция транспедикулярного винта и 1 случай – глубокая инфекция области хирургического вмешательства. При 1В типе (n=36) – 2 (5,6%) реоперации: 1 случай - глубокая инфекция области хирургического вмешательства, 1 случай - клинически значимая мальпозиция транспедикулярного винта. При 2А типе (n=10) – 1 (10,0%) повторное хирургическое вмешательство – миграция межтелового имплантата. При 2В типе (n=15) – 2 (13,3%) реоперации: 1 случай – глубокая инфекция области хирургического вмешательства и 1 случай - перелом транспедикулярного винта. При 3 типе (n=21) – 4 (19,0%) повторных хирургических вмешательства: 1 случай - клинически значимая мальпозиция транспедикулярного винта, 1 случай - миграция межтелового имплантата, 1 случай – гематома области хирургического вмешательства, компримирующая интрадуральные сосудисто-нервные образования, 1 случай – эвентрация петель тонкого кишечника после вентрального доступа.

При проведении корреляционного анализа реоперации не имели значимой связи ни с одним из демографических, клинических и радиологических параметров ($r < 0.3$).

6.3 Клинико-радиологическая характеристика дооперационных данных пациентов, оперированных согласно лечебно-диагностическим подходам оригинальной рабочей классификации

Количество пациентов в исследуемой когорте составила 102 человека – 28 (27,5%) мужчин и 74 (72,5%) женщин. Возраст пациентов – 62 [57; 65,25] лет, ИМТ – 31,1 [29,25; 33,5] кг/м². Характеристика демографических показателей пациентов с разными типами спондилолистеза, по предложенной нами классификации представлена в таб 38. Как в общей когорте пациентов, так и при градации на типы, пациентов женского пола было больше. При утяжелении типа спондилолистеза выявлено увеличение возраста пациентов, что имело статистически значимое различие ($p < 0.001$). Однако, значимых

различий по параметру ИМТ у пациентов с разными типами спондилолистеза не выявлено ($p>0.05$).

Таб 38 – Демографические данные пациентов при разных типах дегенеративного спондилолистеза по Gille.

Тип спондилолистеза	Пол (жен/муж)	Возраст, лет	ИМТ, кг/м ²
1 тип (гармоничный) (n=28)	18/10	59 [54;63,5]	30,6 [28,4;33,4]
2 тип (сегментарный дисбаланс) (n=44)	31/13	61 [56;64]	30,95 [28,8;32,8]
3 тип (регионарный дисбаланс) (n=19)	15/4	65 [62;69]	31,2 [29,6;33,7]
4 тип (глобальный дисбаланс) (n=11)	10/1	67 [62;69]	30,8 [29,8;33,5]

В зависимости от уровня смещенного позвонка L3 или L4 распределение было следующим: 1 тип – 8(28,6%)/20(71,4%), 2 тип - 8(18,2%)/36(81,8%), 3 тип - 4(21,1%)/15(78,9%), 4 тип - 2(18,1%)/8(81,9%).

Характеристика данных дооперационных параметров болевого синдрома и качества жизни пациентов представлены в таб 39. По результатам анализа определено, что увеличение интенсивности болевого синдрома в спине имело прямую корреляционную связь с биомеханическим типом спондилолистеза: значительно отличались показатели VAS в спине между пациентами с 4 типом и 3 типом ($p=0.021$), 2 типом ($p<0.001$), 1 типом ($p<0.001$). Однако, интенсивность болевого синдрома в ноге была значительно ниже у пациентов с 4 типом, чем при 1 и 2 типах поражения ($p=0.017$ и $p=0.019$ соответственно). При оценке параметра качества жизни по шкале ODI отмечены более худшие его значения

у пациентов с 4 типом спондилолистеза в сравнении с 2 типом ($p=0.021$) и 1 типом ($p=0.009$).

При корреляционном анализе отмечена значимая связь между типом спондилолистеза и интенсивностью болевого синдрома: с VAS спина ($r=0,592$) и с VAS нога ($r=-0,317$). Однако, значимой корреляционной связи с ODI не выявлено ($r=0,283$).

Таб 39. Характеристика VAS спина и нога и ODI у пациентов с разными типами спондилолистеза до операции.

Тип спондилолистеза	VAS спина, баллы	VAS нога, баллы	ODI, %
1 тип (гармоничный) (n=28)	4,5 [3;25;5]	6 [6;7]	58 [52;63;5]
2 тип (сегментарный дисбаланс) (n=44)	5 [4;6]	6 [6;7]	58 [54;62]
3 тип (регионарный дисбаланс) (n=19)	6 [6;7]	6 [5;7]	60 [52;66]
4 тип (глобальный дисбаланс) (n=11)	7 [6;8]	4 [4;6]	64 [58;72]
Общее (n=102)	4 [4;6]	6 [6;7]	58 [52;64]

Дооперационные радиологические характеристики пациентов с разными типами спондилолистеза представлены в таб 40. Значимых различий по параметру PI между разными типами поражения не выявлено ($p>0,05$). Значения параметров LL, SL и LDI при утяжелении типа спондилолистеза значимо уменьшались, а значения PT увеличивались ($p<0,05$). Согласно принципам, которые лежат в основе разработанной классификации, ожидаемые наиболее грубые изменения выявлены при 4 типе поражения (глобальный

сагиттальный дисбаланс). Проведя оценку корреляционной связи типа поражения с радиологическими параметрами, выявлены следующие результаты: с PI - $r=-0,0782$, с PT - $r=0,7454$, с LL - $r=-0,7994$, с LDI - $r=-0,8567$, с SL - $r=-0,7427$, с IB - $r=0,6956$. Исходя из полученных данных определено, что тип поражения поясничного отдела позвоночника имеет значимые корреляционные связи с параметрами, которые характеризуют состояние сагиттального профиля позвоночника.

Таб 40. Анализ показателей дооперационных радиологических параметров пациентов с разными типами спондилолистеза.

<i>Тип спондилолистеза</i>	PI, градусы	SL, градусы	PT, градусы	LL, градусы	LDI, %	IB (>1)
<i>1 тип (гармоничный) (n=28)</i>	54 [48;58,75]	10 [8,25;12]	10 [7,25;14]	53 [46,25;58]	70 [67;77,5]	0 (0%)
<i>2 тип (сегментарный дисбаланс) (n=44)</i>	53,5 [48;57,75]	1,5 [1;2]	11 [8,25;14]	51,5 [46;55]	70 [67;73]	0 (0%)
<i>3 тип (регионарный дисбаланс) (n=19)</i>	52 [48;56]	1 [0;2]	19 [17;23]	37 [31;41]	47 [42;50]	0 (0%)
<i>4 тип (глобальный дисбаланс) (n=11)</i>	54 [49;56]	0 [0;1]	26 [24;30]	18 [14;24]	18 [14;24]	11 (100%)
<i>Общее (n=102)</i>	53.5 [48,25;57]	2 [1;7,25]	13 [9;18,25]	22 [14;27]	68 [49,75;73]	11 (10,8%)

Корреляционный анализ связей между радиологическими параметрами, оцениваемыми в разработанной классификационной системе, представлены в таб 41. Таким образом, полученные результаты указывают на значимое взаимное влияние параметров, характеризующих и отражающих сагиттальный профиль позвоночника.

*Таб 41. Корреляционный анализ связи дооперационных радиологических параметров пациентов. * - параметры имеют значимую связь*

<i>Параметры</i>	PI	PT	SL	LDI	LL	IB
<i>PI</i>	1	0.2935	0.1811	-0.1261	0.4468*	-0.0052
<i>PT</i>	0.2935	1	-0.3177*	0.8614*	-0.5769*	0.6996*
<i>SL</i>	0.1811	-0.3177*	1	-0.3815*	0.4669.*	-0.2445
<i>LDI</i>	-0.1261	-0,8614*	0.3815*	1	0.6983*	0.7782*
<i>LL</i>	0.4468*	-0.5769*	0.4669*	0.6983*	1	-0.7092*
<i>IB</i>	-0.0052	0.6996*	- 0.2545	0.7782*	-0.7092*	1

В общей когорте пациентов были определены типы Roussouly, которые представлены в таб 42. Из таб видно, что преобладающее число пациентов как в общей когорте, так и при разных типах поражения поясничного отдела позвоночника имеют III тип Roussouly.

Таб 42. Распределение типов Roussouly при разных типах биомеханических поражений

<i>Тип спондилолистеза</i>	I-II тип Roussouly	III тип Roussouly	IV тип Roussouly
<i>1 тип (гармоничный) (n=28)</i>	5 (17,9%)	16 (57,1%)	7 (25,0%)
<i>2 тип (сегментарный дисбаланс) (n=44)</i>	7 (15,9%)	27 (61,4%)	10 (22,7%)
<i>3 тип (регионарный дисбаланс) (n=19)</i>	2 (10,5%)	16 (84,2%)	1 (5,3%)
<i>4 тип (глобальный дисбаланс) (n=11)</i>	1 (9,1%)	9 (81,8%)	1 (9,1%)
<i>Общее (n=102)</i>	15 (14,7%)	68 (66,7%)	19 (18,6%)

Корреляционный анализ связи радиологических параметров с параметрами качества жизни и интенсивности болевого синдрома позволили выявить ряд следующих закономерностей. Качество жизни, оцененное по шкале ODI имела значимую связь только с LDI ($r=0.3020$). Интенсивность болевого синдрома в спине по VAS имела значимую корреляционную связь с SL ($r=-0.4613$), PT ($r=0.4966$), IB ($r=0.4141$), LL ($r=-0.4607$), LDI ($r=0.5546$); VAS в ноге - LDI ($r=0.3030$)

6.4 Анализ результатов хирургического лечения пациентов, оперированных согласно лечебно-диагностическим подходам оригинальной рабочей классификации

Объем хирургического вмешательства у пациентов с дегенеративным спондилолистезом, классифицированных по разработанной лечебно-

диагностической классификации, включал такие типы как декомпрессия, стабилизация, коррекция и их комбинация. Для этого применялись технологии: резекция дугоотростчатых суставов и гипертрофированной желтой связки с ипсилатеральной и контралатеральной сторон, фасетэктомия, ламинэктомия; транспедикулярная фиксация; вентральный, боковой, трансфораминальный, задний межтеловой спондилодез; корригирующие вертебротомии по классификации Schwab. При проведении стабилизации, она обязательно включала межтеловой спондилодез и транспедикулярную фиксацию. Применение технологий(-ий) было направлено на купирование превалирующего клинического синдрома: компрессии, нестабильности, аксиальных болей или их комбинации.

Все 102 пациента имели компрессионный синдром, что требовало проведения декомпрессии интраканальных сосудисто-нервных образований одним из вышеприведенных способов. Изолированная декомпрессия без применения стабилизирующих конструкций выполнена при 1 типе в 20 (71,4%) случаях, при 2 типе - в 39 (88,6%) случаях. При 3 и 4 типах декомпрессия всегда сопровождалась коррекцией и (или) стабилизацией пораженных ПДС.

Виды и частота хирургических технологий, используемых для стабилизации и коррекции, представлены в таб 43.

В ряде случаев, при необходимости использования нескольких хирургических технологий, они выполнялись в одну или несколько сессий, что было продиктовано целесообразностью разделения вмешательства на этапы ввиду исходного соматического статуса, оцениваемого по индексу коморбидности Чарлсон, чтобы снизить единомоментную хирургическую травму, длительность вмешательства и анестезиологического обеспечения. Средний интервал между этапами операции составил 5.5 [5;7] дня.

Таб 43. Технологии стабилизации и коррекции, применяемые при хирургическом лечении пациентов с разными типами поражения.

Тип спондилолистеза по Gille	Стабилизация							Коррекция (остеотомия Schwab)		
	ТПФ (уровни)				спондилодез			I тип	II тип	III тип
	1	2	3	4	PLIF/T LIF	DLIF	ALIF			
1 тип (гармоничный) (n=28)	8 (28,6%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	7 (25,0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
2 тип (сегментарный дисбаланс) (n=44)	39 (88,6%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	34 (77,3%)	6 (13,6%)	0 (0%)	28 (63,6 %)	11(2 5,0%)	0 (0%)
3 тип (регионарный дисбаланс) (n=19)	11 (57,9%)	8 (42,1 %)	0 (0%)	0 (0%)	16 (84,2%)	5 (26,36%)	6 (31,6 %)	9 (47,4 %)	14 (73,7 %)	0 (0%)
4 тип (глобальный дисбаланс) (n=11)	0 (0%)	7 (63,6 %)	3 (27,3 %)	1 (9,1 %)	3 (27,3%)	5 (45,5%)	11 (100 %)	7 (63,6 %)	11 (100 %)	0 (0%)

Характеристики показателей хирургических параметров и длительности послеоперационного пребывания в стационаре при лечении пациентов с разными типами поражения при дегенеративном спондилолистезе представлены в таб 44. По результатам анализа отмечается увеличение объема кровопотери, продолжительность хирургического вмешательства и сроков послеоперационной госпитализации, что связано с повышенной агрессивностью хирургического вмешательства по причине более грубых структурных изменений на уровне спондилолистеза. Данный факт подтверждается значимостью корреляционной связи типа поражения с вышеуказанными параметрами ($r=0.7088$ $r=0.8689$ и $r=0.7867$, соответственно).

Таб 44. Анализ длительности операции, объема кровопотери и послеоперационного койко-дня у пациентов с разными типами спондилолистеза, согласно разработанной лечебно-диагностической классификации

<i>Тип спондилолистеза</i>	<i>Длительность операции, мин.</i>	<i>Объем кровопотери, мл.</i>	<i>Послеоперационный койко-день</i>
<i>1 тип (гармоничный) (n=28)</i>	70 [60;123,75]	80 [50;200]	5,5 [4;7,75]
<i>2 тип (сегментарный дисбаланс) (n=44)</i>	160 [140;187,5]	300 [200;350]	9 [8;11,75]
<i>3 тип (регионарный дисбаланс) (n=19)</i>	280 [200;320]	400 [350;650]	14 [10;16]
<i>4 тип (глобальный дисбаланс) (n=11)</i>	420 [395;515]	650 [600;1200]	21 [18;28]
<i>Общее (n=102)</i>	170 [112,5;240]	300 [187,5;440]	9 [7;14]

Анализ изменений радиологических параметров общей когорты пациентов:

- SL после операции составил 11.5° [9;12], через 12 мес - 10° [8;11], что соответствовало значимому увеличению данного параметра в сроки наблюдения в сравнении с дооперационными данными ($p<0.001$). Так же статистически значимым была потеря сегментарной коррекции в течении 12 мес после операции ($p=0.0103$);

- РТ после операции – 12° [7;18], через 12 мес - 12° [8;17], однако данный параметр не имел значимых различий в сравнении с дооперационными

данными ($p>0.05$). Динамика послеоперационных изменений РТ течении 12 мес была статистически не значима ($p=0.5533$);

- LL после операции – 50° [47;56], через 12 мес – 51° [45;54.25]. Показатели данного параметра были значимо увеличены в сравнении с дооперационными ($p<0.001$). Динамика послеоперационных изменений LL течении 12 мес была статистически не значима ($p=0.2609$);

- LDI после операции – 67,5% [63;72], через 12 мес – 67,5% [62;73]. Данный параметр значимо увеличен в сравнении с дооперационными ($p=0.0017$ и $p=0.0020$ соответственно). Потери коррекции нижнепоясничного лордоза в послеоперационном периоде до 12 мес не отмечено ($p=0.9591$);

Оценка IB в общей когорте является некорректной, т.к. это бинарный показатель и он был >1 только при 4 типе поражения.

Анализ основных оцениваемых радиологических параметров у пациентов при разных типах поражения представлен на **рис 55-58**. SL при 1 типе поражения значимо не изменился после операции и через 12 мес в сравнении с дооперационными показателями ($p=0.6834$ и $p=1.0000$, соответственно). При остальных типах спондилолистеза отмечено значимое увеличение SL после операции ($p<0.05$). В течении 12 мес выявлена потеря сегментарной коррекции во при всех типах поражения, однако при 3 и 4 типе данные изменения были статистически значимы ($p=0.0048$ и $p=0.0006$, соответственно). При 1 и 2 типах поражения параметр РТ значимо не изменился после операции и через 12 мес. в сравнении с дооперационными показателями ($p>0.05$). Однако, при 3 типе он значимо уменьшился только через 12 мес ($p=0.0025$) в сравнении с дооперационными показателями, а при 4 типе его значения были статистически значимо меньше как после операции, так и течении периода наблюдения ($p=0.0329$ и $p<0.0001$, соответственно). LL так же значимо не изменился при 1 и 2 типах поражения после операции, при это не отмечена его потеря в течении 12 мес ($p>0.05$). При 3 и 4 типах поражения поясничный лордоз значимо

увеличился в сравнении с дооперационными данными ($p < 0.001$), и данная коррекция сохранялась без значимой динамики в течении 12 мес наблюдения ($p = 0.6762$ и $p = 0.4227$, соответственно). IV, согласно которому выделяется 4 тип поражения в разработанной нами классификационной системе, был нормализовано сразу после операции, т.е. его значения стали < 1 , в 7 (63,3%) случаях, а через 12 мес – в 10 (90,9%) случаях.

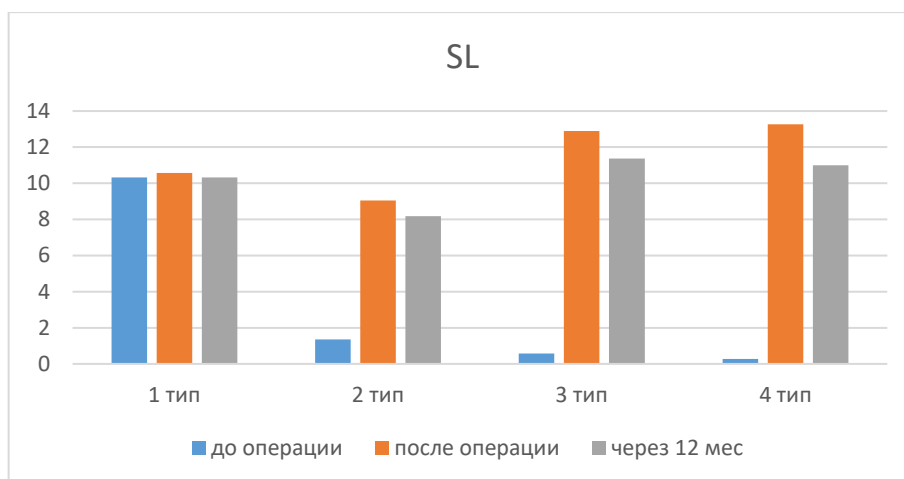


Рис 55. Динамика изменений SL в периоды наблюдения у пациентов с разными типами спондилолистеза, классифицированных по разработанной системе.

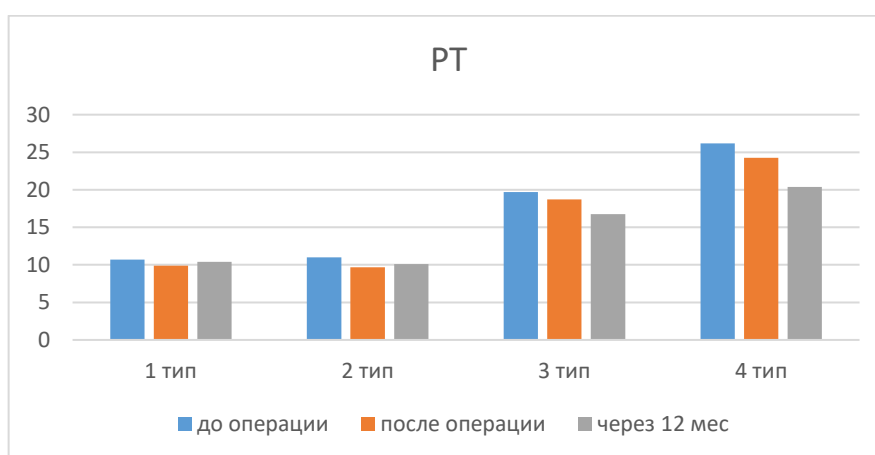


Рис 56. Динамика изменений PT в периоды наблюдения у пациентов с разными типами спондилолистеза, классифицированных по разработанной системе.

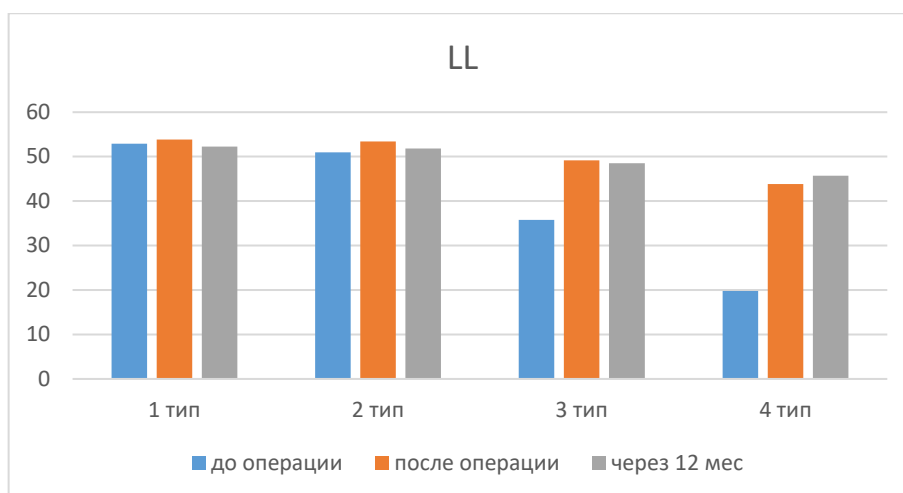


Рис 57. Динамика изменений LL в периоды наблюдения у пациентов с разными типами спондилолистеза, классифицированных по разработанной системе.

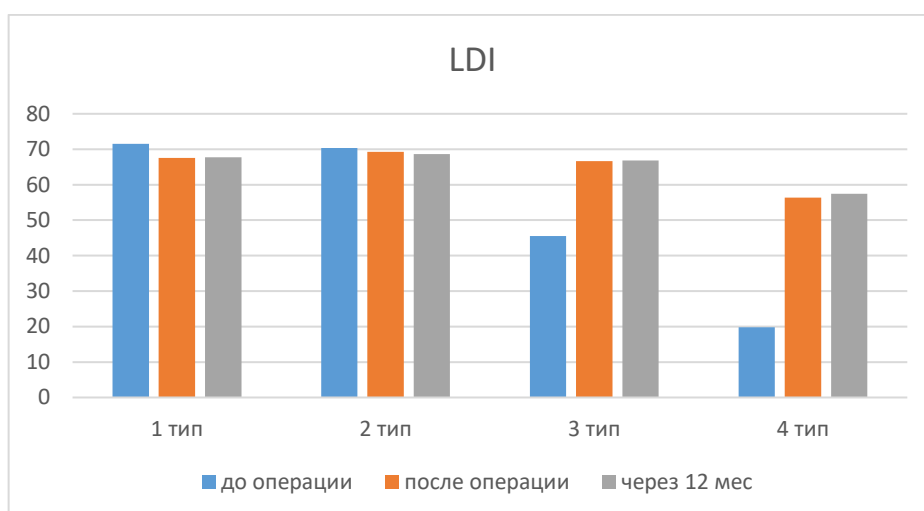


Рис 58. Динамика изменений LDI в периоды наблюдения у пациентов с разными типами спондилолистеза, классифицированных по разработанной системе.

Результаты оценки изменения интенсивности болевого синдрома в спине и ноге и качества жизни в общей когорте пациентов представлены на **рис 59-61**. VAS в спине после операции значительно уменьшился ($p < 0.001$), и эта тенденция сохранялась в течении 12 мес наблюдения ($p < 0.001$). Аналогичные результаты получены при оценке VAS в ноге: после операции значимое снижение интенсивности болевого синдрома ($p < 0.001$) и при этом данный эффект

сохранялся на протяжении 12 мес наблюдения, при котором не явлено значимого изменения параметров данного показателя ($p=0.5887$). Показатели ODI за период наблюдения имели значимые изменения, отражающие повышение качества жизни ($p<0.001$).

Рис 59. Динамика изменений VAS в спине до, после операции и через 12 мес в общей когорте пациентов.

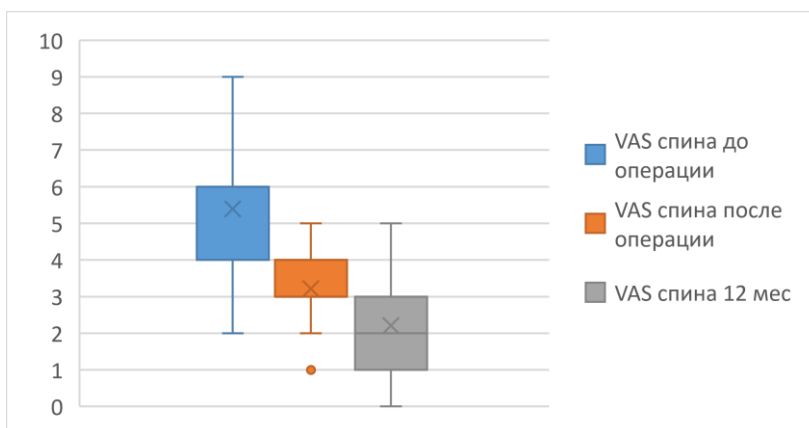


Рис 60. Динамика изменений VAS нога до, после операции и через 12 мес в общей когорте пациентов.

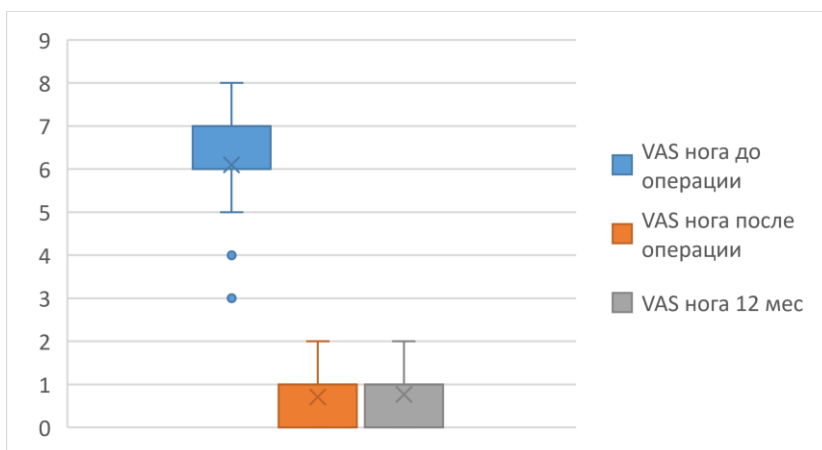
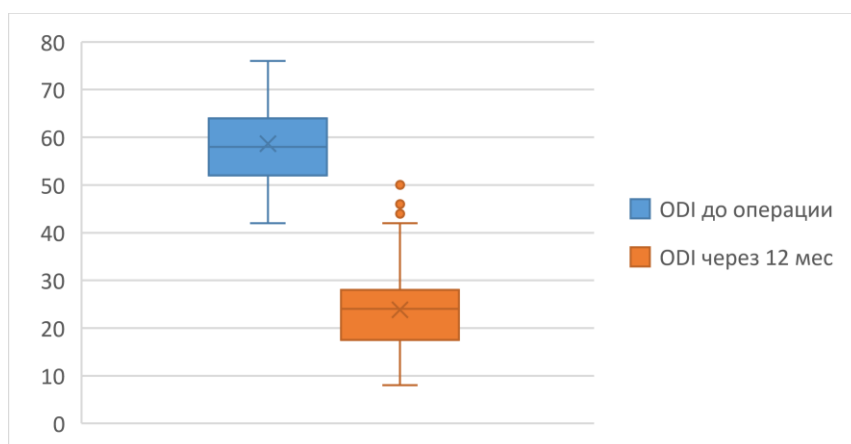


Рис 61. Динамика изменений показателей ODI до операции и через 12 мес в общей когорте пациентов.



Анализ клинических параметров на этапах наблюдения при разных типах спондилолистеза представлены на **рис 62-64**. Значения VAS в спине после операции при всех типах поражения значительно уменьшились после операции ($p < 0,001$), и данная тенденция отмечена в 12 мес при 1, 2 и 3 типах ($p = 0,0006$, $p < 0,0001$ и $p = 0,0013$ соответственно). И только при 4 типе болевой синдром значительно не изменился через 12 мес в сравнении с послеоперационными показателями ($p = 0,1632$), однако, его значения так же были значительно меньше, чем до операции ($p < 0,001$). Уровень боли по VAS в ноге значительно уменьшились после операции при всех типах поражения ($p < 0,001$), при этом существенной динамики в сторону усиления или ослабления болевого синдрома не выявлено при сравнении послеоперационных и данных через 12 мес. ($p > 0.05$). Значения показателя качества жизни (ODI) значительно улучшились при всех типах поражения ($p < 0,001$).

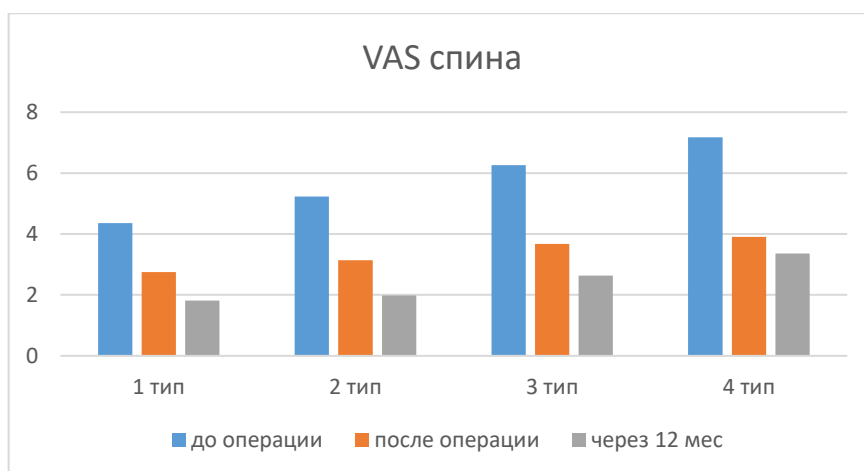


Рис 62. VAS стина в периоды наблюдения у пациентов с разными типами спондилолистеза, классифицированных по разработанной системе.

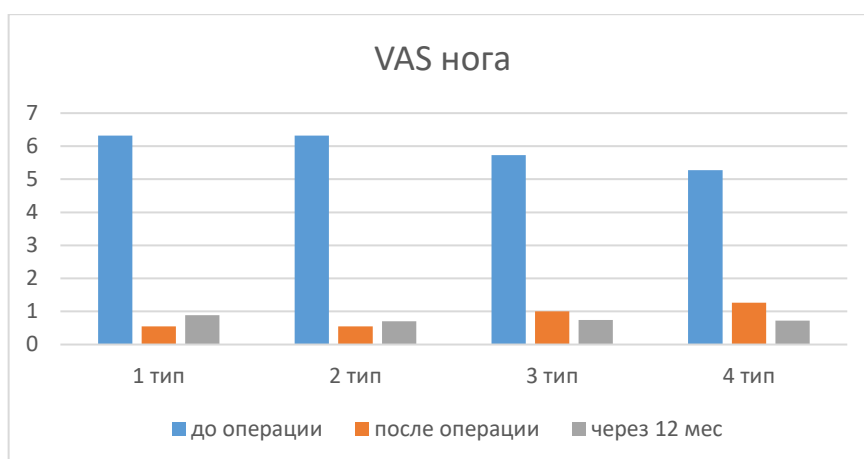


Рис 63. VAS нога в периоды наблюдения у пациентов с разными типами спондилолистеза, классифицированных по разработанной системе

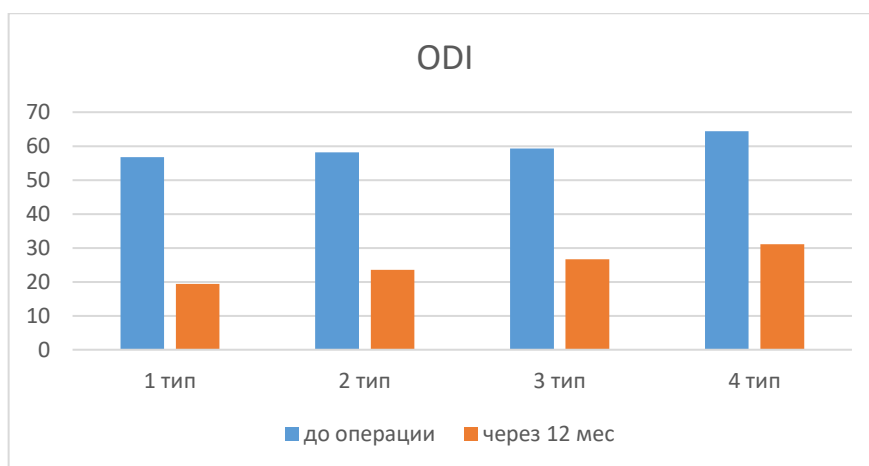


Рис 64. ODI периоды наблюдения у пациентов с разными типами спондилолистеза, классифицированных по разработанной системе.

В общей когорте пациентов преодоление порогового значения MCID по ODI в 14.3 балла отмечено в 95 (93,1%) случаях. Анализ данного параметра при разных типах спондилолистеза представлен на **рис 65**. Наибольшая частота достижения порогового значения MCID отмечена при хирургическом лечении пациентов с 4 типом наиболее тяжелым типом поражения, а наименьшая - со 2 типом, что может быть менее репрезентативной выборкой при 4 типе поражения. Значимые различия выявлены только между 4 типом и 2 типом ($p=0.0441$).

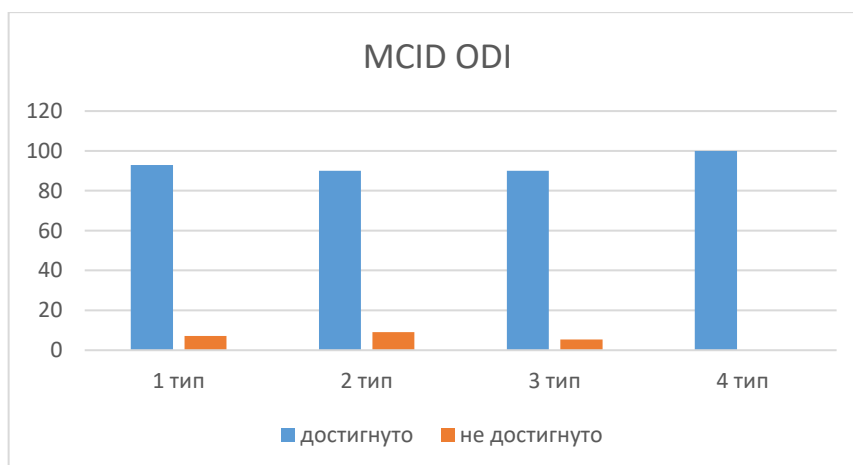


Рис 65. Преодоление порогового значения MCID для ODI (выражено в %)

У пациентов с 1 типом поражения спондилодез выполнен в 8 (28,6%) случаях, при 2 типе – в 39 (88,6%) случаях, при 3 и 4 типах в 100% случаях.

Таким образом, в общей когорте пациентов проведено 77 (75,5%) пациентам выполнен спондилодез. Сформированный артифициальный костно-металлический блок через 12 мес выявлен у 77 (93,5%) пациентов. Как отмечено ранее сформированным блоком считались изменения, при которых по данным МСКТ имелись признаки соответствующие критериям 1 и 2 типа, и несформированный – 3 и 4 типа по Тап. Анализ формирования межтелового блока в зоне спондилодеза на момент завершающего контрольного осмотра согласно классификации Тап GH при разных типах поражения представлен на **рис 66**. Наибольшая частота сформированного блока отмечена при 2 типе, наименьшая – при 1 типе, однако значимых различий по данному параметру в у пациентов с разными типами поражения не выявлено ($p>0.05$).

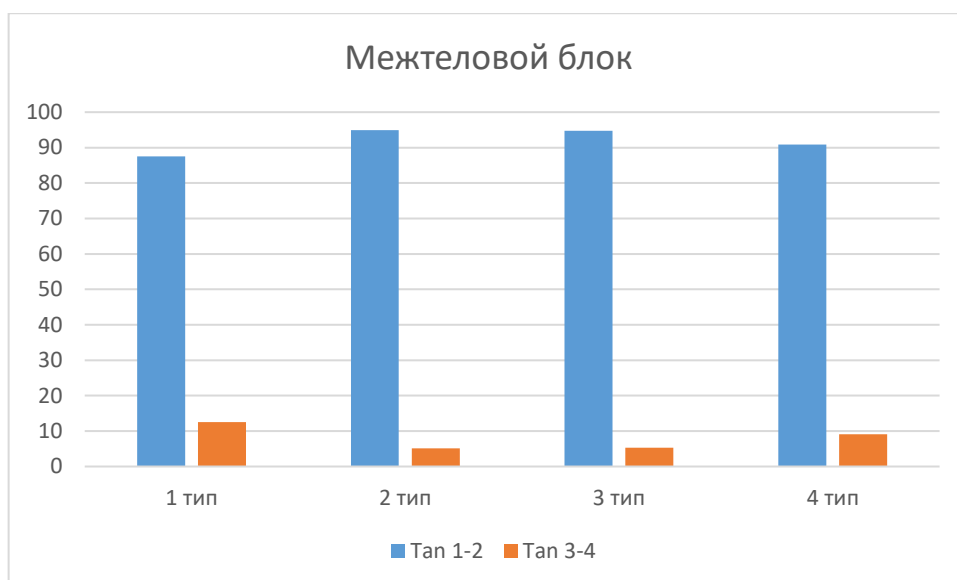


Рис 66. Сформированность межтелового блока по Тап у пациентов с разными типами спондилолистеза.

Корреляционный анализ межтелового блока по Тап с типом поражения, параметрами сагиттального баланса и клинических показателей выявил следующие значимые взаимосвязи последнего:

- преодоление порогового значения MCID для ODI ($r=0.6508$)
- с ODI через 12 мес ($r=-0.3254$)

Остальные оцениваемые радиологические, демографические, клинические и хирургические показатели не имели значимой корреляционной связи с межтеловым блоком ($r < 0.3$).

Осложнения отмечены у 26 (25,4%) пациентов в общей когорте данного исследования. Типы осложнений представлены в таб 45. Наибольшее число осложнений представлено прочими, которые включают посткатетеризационный цистит, бессимптомная лейкоцитурия, постынекционный инфильтрат, анемия средней и тяжелой степени тяжести, пневмония. Значимой корреляционной связи между общим количеством осложнений и демографическими, клиническими, радиологическими и хирургическими параметрами выявлено не было ($r < 0.3$). При оценке связи клинических, хирургических и радиологических параметров с разными видами осложнений отмечена значимая корреляция только между неврологическими осложнениями и применением DLIF ($r = 0.3588$). Остальные взаимосвязи были статистически не значимы ($r < 0.3$).

Таб 45. Характеристика осложнений у пациентов с разными типами спондилолистеза, классифицированных согласно разработанной системе.

Тип спондилолистеза	Механическое	Инфекционные	Неврологическое	Тромбоэмболическое	Прочие	Пациентов с осложнениями
<i>1 тип (гармоничный) (n=28)</i>	0 (0%)	1 (3,6%)	2 (7,1%)	0 (0,0%)	4 (14,3%)	7 (25,0%)
<i>2 тип (сегментарный дисбаланс) (n=44)</i>	1 (2,3%)	1 (2,3%)	3 (6,8%)	1 (2,3%)	5 (11,4%)	10 (22,7%)
<i>3 тип (регионарный)</i>	1 (5,3%)	0 (0,0%)	2 (10,5%)	0 (0,0%)	2 (10,5%)	5 (26,3%)

дисбаланс) (n=19)						
4 тип (глобальный дисбаланс) (n=11)	1 (9,1%)	0 (0,0%)	1 (9,1%)	1 (9,1%)	2 (18,2%)	4 (36,4%)
Общее (n=102)	3 (2,9%)	2 (2,0%)	7 (6,9%)	2 (2,0%)	13 (12,7%)	26 (25,4%)

В общей когорте пациентов проведено 5 (4,9%) повторных хирургических вмешательств. У пациентов с 1 типом спондилолистеза (n=28) выполнено 1 (3,6%) реоперация ввиду развития глубокой инфекции области хирургического вмешательства. При 2 типе (n=44) – 2 (4,5%) повторных хирургических вмешательства: 1 случай - глубокая инфекция области хирургического вмешательства, 1 случай - клинически значимая мальпозиция транспедикулярного винта. При 3 типе (n=19) – 1 (5,3%) реоперация по поводу миграции вентрального межтелового кейджа. У пациентов с 4 типом поражения выполнено одно хирургическое вмешательство в связи с клинически значимой мальпозицией транспедикулярного винта.

При проведении корреляционного анализа выявлена значимая связь реоперации с ODI через 12 мес ($r=0.3139$), что указывает более худшее качество жизни у пациентов, которым выполнено повторное хирургическое вмешательство.

6.5 Сравнение результатов хирургического лечения пациентов с моносегментарным дегенеративным спондилолистезом на поясничном отделе позвоночника, классифицированных согласно оригинальной рабочей системе и системе Gille

Как представлено ранее, для проведения данного исследования были взяты две проспективных работы, включающих 128 пациентов (I группа) с

моносегментарным дегенеративным спондилолистезом, классифицированных по системе Gille, и 102 пациента (II группа) с аналогичной дегенеративно-дистрофической патологией, классифицированных по разработанной нами системе.

Учитывая использование разных сагиттальных модификаторов для определения биомеханического типа в каждой классификационной системе, то часть из них не может быть сравнена. Подобный анализ не может быть применен для сравнения типов поражения, определенных в данных системах, т.к. они не будут тождественны друг другу. Поэтому для сопоставления до-, послеоперационных характеристик будут использованы общие данные обеих когорт пациентов.

Характеристики дооперационных клинических и демографических данных представлен в таб 46. В результате анализа значимых различий по сравниваемым параметрам не выявлено. В обеих группах преобладают лица женского пола соответствующие градации «пожилой» с ожирением 1 степени, согласно классификации ВОЗ.

Таб 46. Сравнительный анализ дооперационных клинических и демографических данных в I и II группах. '' - статистически значимо различающиеся показатели*

группы	Пол (жен/муж)	Возраст, лет	ИМТ, кг/м2
I группа (n=128)	100/28	61 [57;65]	31 [29,4;32,625]
II группа (n=102)	74/28	62 [57;65,25]	30,8 [29,25;32,875]
p-уровень	0.3341	0.6246	0.6949

При оценке дооперационных данных интенсивности болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника и нижней конечности, а также качества жизни пациента значимых различий выявлено не было (рис 67-69).

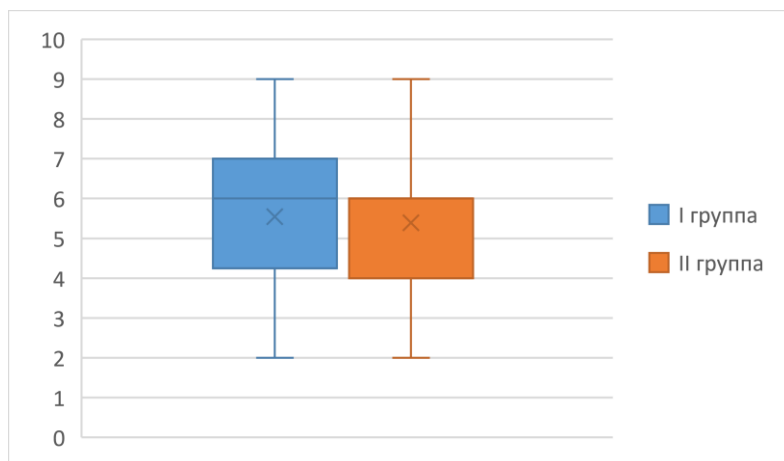


Рис 67. Сравнительный анализ VAS в спине до операции между I и II группами ($p=0.4512$)

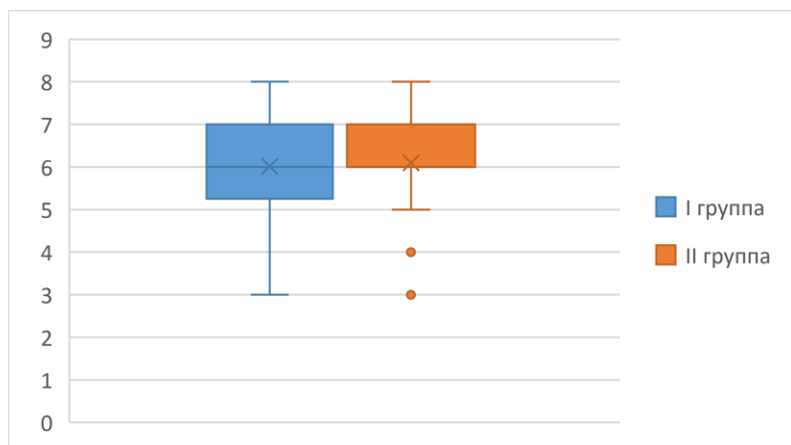


Рис 68. Сравнительный анализ VAS в ноге до операции между I и II группами ($p=0.5538$).

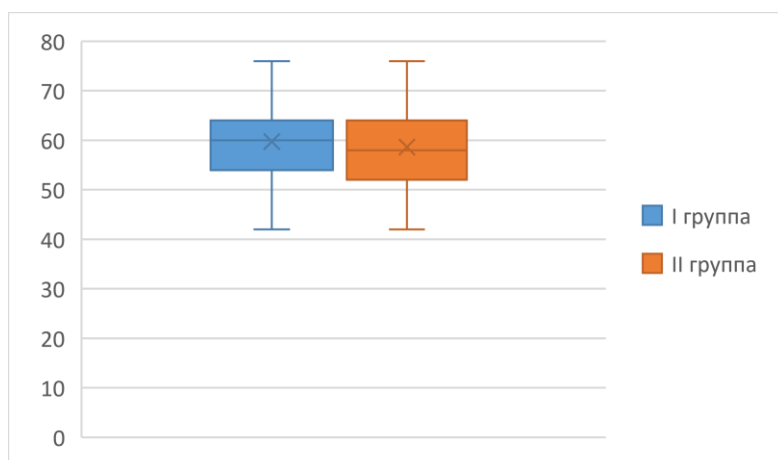


Рис 69. Сравнительный анализ ODI до операции между I и II группами (ODI $p=0.2546$)

Дооперационные радиологические параметры, которые используются в обеих классификация для оценки сагиттального профиля позвоночника, были сравнены, результаты представлены в таб 47. Из нее видно, что baseline таких параметров как PI, LL и SL были сопоставимы, а PT значительно отличался между группами.

Таб 47. Сравнительный анализ дооперационных радиологических параметров в I и II группах. '' - статистически значимо различающиеся показатели*

группы	PI, градусы	PT, градусы	SL, градусы	LL, градусы
I группа (n=128)	54 [49;57]	14 [10;25,75]	2 [0;8]	45 [39;50]
II группа (n=102)	53.5 [48;57]	13 [9;18,25]	2 [1;7,25]	47 [40;53,25]
p-уровень	0.6539	0.0180*	0.7223	0.9434

Т.к. вид хирургического вмешательства зависел от превалирующего клинического синдрома, то в случае наличия у пациента только компрессионного синдрома ему проводилась изолированная адресная декомпрессия. Если пациент имел синдром нестабильности или аксиальных болей в комбинации или без синдрома компрессии, то выполнялся спондилодез с восстановлением сегментарных, регионарных или глобальных сагиттальных нарушений. В I группе необходимость применения спондилодеза возникла в 106 (82,8%) случаях, во II группе – в 77 (75,5%) случаях, что не имело статистической разницы при межгрупповом сравнении ($p=0.1793$).

При необходимости стабилизации и (или) коррекции объем планируемого хирургического вмешательства зависел от степени нарушения сагиттального профиля позвоночника. Разработанная нами классификационная система предполагает вид вмешательства, позволяющий гармонично восстанавливать поясничный лордоза и особенно его дистальную часть путем

индивидуализированного расчета целевых показателей с учетом возраста и формы поясничного лордоза по Roussouly, что не учтено в классификации Gille. Такой подход требует применения технологий, позволяющих добиваться значимого восстановления лордоза на одном сегменте, чтобы таргетно воздействовать на геометрию позвоночника и минимизировать количество включенных в спондилодез сегментов. Одной из наиболее эффективных технологий, отвечающих данным требованиям, является ACR (Anterior Column Realignment) или так называемый расклинивающий спондилодез. Он подразумевает релиз фиброзного кольца и передней продольной связки и установку гиперлордотического кейджа ($>15^\circ$). Такой подход позволяет адресно и значимо восстанавливать ниже-поясничный лордоз (L4-S1), который оказывает наибольшее влияние на клинические результаты хирургического лечения. К тому же, данная технология может быть выполнена минимально-инвазивными вентральным, косым или боковым доступами, что отвечает потребностям современной медицины. Все эти принципы заложены в основу разработанной нами классификации.

В I группе ТПФ на одном уровне проведена в 68 (64,2%) случаях из 106, на двух уровнях – в 28 (26,4%) случаях, на трех – в 9 (8,5%) случаях и на четырех – в 1 (0,9%) случае. Во II группе ТПФ на одном уровне проведена в 58 (75,3%) случаях из 77, на двух уровнях – в 15 (19,5%) случаях, на трех – в 3 (3,9%) случаях и на четырех – в 1 (1,3%) случае. При межгрупповом сравнении отмечено, во II группе число спондилодезированных сегментов на одного пациента было значительно меньше, чем в I группе ($p=0.0322$).

В таб 48 проведен сравнительный анализ видов, примененных межтеловых спондилодезов в каждой группе. Из таблицы видно, что относительное число каждого вида спондилодеза в группах было сопоставимыми ($p>0.05$). Наиболее распространенным видом спондилодеза был TLIF/PLIF, так как пациентов, не требовавших стабилизации и сегментарной коррекции, было преобладающее большинство, а также его исполнение является технически

более простым и позволяющим выполнять металлофиксацию в комбинации с ТПФ только из дорзального доступа. Выполнение межтелового спондилодеза из вентрального или бокового доступов осуществлялось в случае необходимости коррекции, и в зависимости от необходимости достижения поставленных целевых показателей проводилось на одном или более сегментах. При данных случаях требовалось проведение многоэтапного хирургического лечения, которое могло выполняться в одну или несколько хирургических сессий.

Таб 48. Виды межтеловых спондилодезов в I и II группах. ‘’ - статистически значимо различающиеся показатели*

Группы (со спондилодезом)	TLIF/PLIF	ALIF L4-L5	ALIF L5-S1	DLIF L3-L4	DLIF L2-L3
I группа (n=106)	85 (80,2%)	30 (28,3%)	16 (15,9%)	21 (19,8%)	3 (2,8%)
II группа (n=77)	60 (77,9%)	14 (18,2%)	9 (11,7%)	14 (19,5%)	3 (3,9%)
p-уровень	0.2408	0.0573	0.3675	0.7245	0.7815

Анализ хирургических показателей и послеоперационного койко-дня представлен на **рис 70-72**. Данные параметры значимо отличались в группах. Длительность хирургического вмешательства (суммарная, если проводилась операция в несколько хирургических сессий) во II группе была значимо меньше, чем в I группе ($p=0.0134$). Аналогичные результаты получены при оценке интраоперационной кровопотери (суммарная, если проводилась операция в несколько хирургических сессий): во II группе она была достоверно меньше, чем в I группе ($p=0.0028$). Продолжительность послеоперационной госпитализации так же во II группе была короче, чем в I группе ($p=0.0101$).

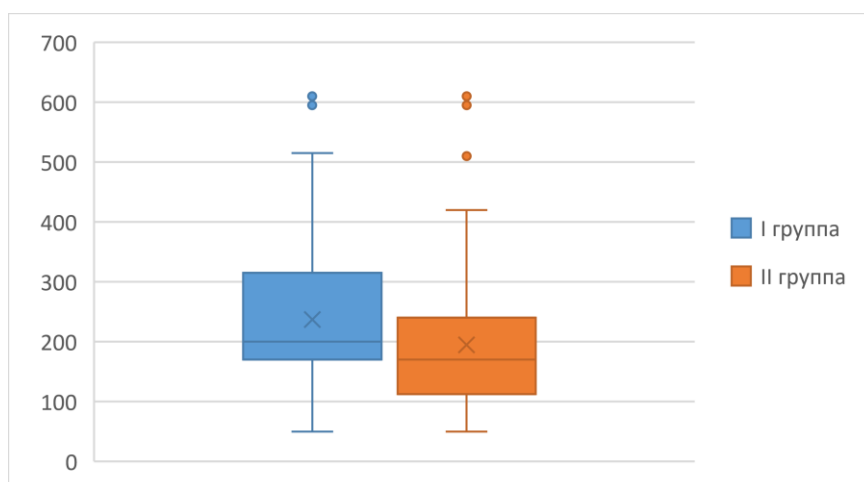


Рис 70. Длительность хирургического вмешательства в I и II группах

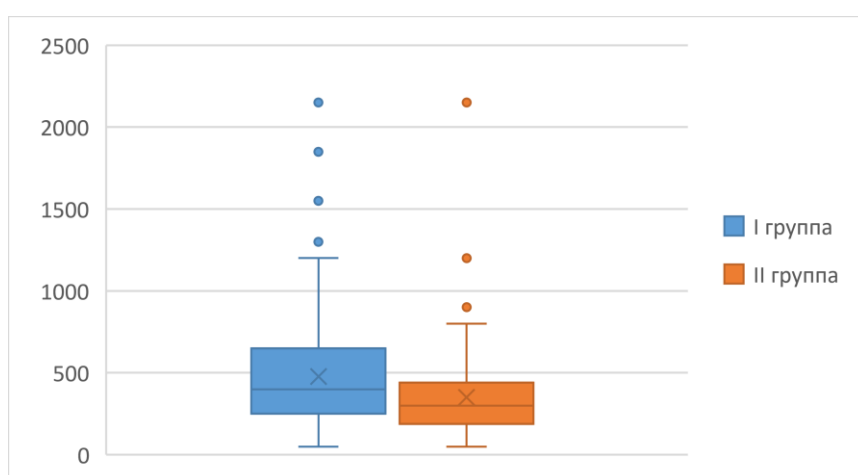


Рис 71. Суммарный объем интраоперационной кровопотери в I и II группах

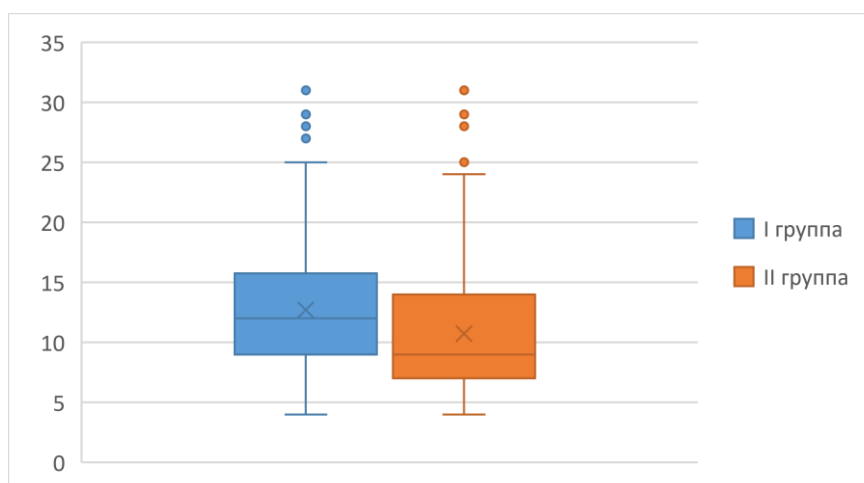


Рис 72. Продолжительность послеоперационной госпитализации в I и II группах

Так как основные сагиттальные модификаторы, применяемые в классификации Gille и, разработанной нами, отличались, то сравнение послеоперационных радиологических параметров не представляется возможным.

Проведен анализ показателей интенсивности болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника и ногах, а также качества жизни. Результаты сравнительного анализа данных показателей представлены в таб 49. По ним можно заключить, что значимой разницы по интенсивности болевого синдрома в ноге как после операции, так и через 12 мес между группами отмечено не было. Однако, интенсивность болевого синдрома в спине и показатели ODI были значимо ниже во II группе ($p < 0,01$). Так же выявлено, что число пациентов, преодолевших пороговое значения MCID для ODI в 14.3 балла, во II группе было больше, чем в I группе ($p = 0.0491$).

Таб 49. Сравнительный анализ VAS в спине и ноге и ODI после операции и через 12 мес в I и II группах. '' - статистически значимо различающиеся показатели*

группы	VAS спина после операции	VAS спина через 12 мес	VAS нога после операции	VAS нога через 12 мес	ODI через 12 мес
I группа (n=128)	3 [3;4]	3 [2;3,75]	0 [0;1]	1 [0;2]	28 [22;34]
II группа (n=102)	3 [3;4]	2 [1;3]	0 [0;1]	0 [0;1]	240 [17,5;28]
р-уровень	0.6750	0.0059*	0.5646	0.2223	0.0014*

Значимым в оценке результатов хирургического лечения является частота пери- и послеоперационных осложнений и ревизионных вмешательств. Анализ видов осложнений и их сравнение между группами представлены в таб 50. По результатам проведенного анализа отмечено, что в I группе большая частота

развития всех оцениваемых видов осложнений, однако статистической разницы с их развитием у пациентов II группы не выявлено ($p>0.05$).

Таб 50. Характеристика осложнений у пациентов с разными типами спондилолистеза, классифицированных согласно разработанной системе.

Группы	Механические	Инфекционные	Неврологические	Тромбо-эмболические	Прочие	Пациентов с осложнениями
<i>I группа</i> (<i>n=128</i>)	8 (6,3%)	3 (2,3%)	13 (10,2%)	7 (5,5%)	28 (21,9%)	47 (36,7%)
<i>II группа</i> (<i>n=102</i>)	3 (3,0%)	2 (2,0%)	9 (8,8%)	2 (2,0%)	13 (12,7%)	26 (25,5%)
<i>P-уровень</i>	0.2263	0.0666	0.8425	0.1527	0.0662	0.0666

Частота ревизионных хирургических вмешательств в I группе составила 12 (9,4%) случаев, во II группе – 5 (4,9%) случаев. Несмотря на большую частоту реопераций у пациентов, тактика лечения которых была основана на лечебно-диагностических подходах классификации Gille, значимого отличия по данному параметру с пациентами, тактика лечения которых была основана на лечебно-диагностических подходах разработанной нами классификации, не выявлено ($p=0.1847$).

Резюме Главы 6.

Оценка клинической эффективности классификации проведена путем сравнения результатов двух проспективных исследований. Был проведен анализ лечения пациентов с дегенеративным спондилолистезом L3 или L4, тактика которых базировалась на классификации Gille и предложенной оригинальной рабочей классификации. В качестве сравниваемых категорий были хирургические показатели, послеоперационные неблагоприятные явления и клинический исход. Дооперационные клинико-демографические

показатели обеих групп были сопоставимы. Количество пациентов, которым применялся спондилодез в группах значимо не отличалось, однако количество спондилодезированных сегментов на одного пациента группы разработанной классификации было статистически меньше. Отмечено, что общая средняя кровопотеря ($p=0.0028$), длительности хирургического вмешательства ($p=0.0134$) и послеоперационная госпитализация ($p=0.0101$) были значительно ниже при лечении пациентов согласно разработанной классификации

Аналогичные результаты получены при оценке клинического исхода. Болевой синдром в спине и качество жизни значимо отличались в группах ($p=0.0059$ и $p=0.0014$, соответственно). Количество пациентов, преодолевших пороговое значение MCID для ODI, в группе разработанной классификации было статистически больше($p=0.0491$).

Глава 7. Оценка клинической эффективности оригинальной рабочей классификации при хирургическом лечении пациентов со стенозом позвоночного канала, сегментарной нестабильностью и деформациями дегенеративного генеза.

Разработанная классификационная система представляет собой лечебно-диагностический алгоритм, позволяющий определять биомеханический тип поражения поясничного отдела позвоночника на основе персонифицированной оценки параметров сагиттального баланса, превалирующий клинический синдром и хирургическую тактику. Все это необходимо для ее внедрения в практическую медицину. В предыдущей главе 6, была доказана значимая клиническая эффективность использования разработанной лечебно-диагностической классификации в отношении дегенеративного спондилолистеза. Результатом использования тактических подходов, рекомендованных в классификации, удалось достичь: уменьшения объема интраоперационной кровопотери, длительности хирургического вмешательства и сроков стационарного пребывания больного. Кроме того, пациенты отмечали меньшую интенсивность болевого синдрома в спине и более высокое качество жизни через 12 мес после операции.

Дегенеративные поражения позвоночника включают и иные нозологические формы кроме дегенеративного спондилолистеза. Само по себе смещение позвонка не является причиной клинических проявлений. Они возникают либо при наличии дегенеративного стеноза, либо сегментарной нестабильности, либо деформации, т.е. необходим морфологический субстрат компрессии или очаг биомеханической несостоятельности. Таким образом, мы предполагаем, что разработанная нами классификационная система может быть применена при лечении пациентов с другими дегенеративно-дистрофическими поражениями позвоночника, а не только при дегенеративном спондилолистезе.

Предложенная оригинальная рабочая классификация позволяет персонифицированно определять хирургическую тактику, базирующуюся на

выявлении превалирующего клинического синдрома с определением причинного субстрата и сегментарного, регионарного и глобального биомеханического состояния позвоночника.

С целью оценки применимости и клинической эффективности предложенной оригинальной рабочей классификации проведено проспективное сплошное исследование пациентов с моно- или полисегментарным дегенеративным стенозом и (или) дегенеративными деформациями поясничного отдела позвоночника.

Клиническим материалом для исследования стали данные 243 пациента, оперированные в период с 2018 по 2023 годы. У 225 пациентов было проведено первичное хирургическое вмешательство, а 18 пациентов имели ранее проведенную интервенцию с применением металлофиксации на одном или двух ПДС. Период наблюдения составил 12-24 мес. с момента операции.

Показаниями к ревизионному хирургическому вмешательству явились рецидив, либо продолженный вертеброгенный болевой синдром в сочетании или без неврологического дефицита, синдром нейрогенной перемежающейся хромоты. Причинами клинических проявлений являлись:

1) на уровне предыдущего хирургического вмешательства: псевдоартроз; проседание межтелового имплантата(-ов), переломы элементов металлоконструкции (транспедикулярный винт, стержень) с потерей сегментарной коррекции;

2) на смежных с ранее оперированным уровнем: дегенеративный стеноз позвоночного канала, сегментарная нестабильность.

Хирургическая тактика как при первичных, так и при ревизионных вмешательствах основывалась на лечебно-диагностическом алгоритме предложенной классификации. Клинико-диагностическая оценка данных проводилась в периоды: до операции, после операции и через 12-24 мес с момента операции.

Критерии включения в исследования:

- возраст старше 40 лет
- клинически значимый дегенеративный стенозом позвоночного канала, сегментарная нестабильность, дегенеративная деформация
- пациенты без предшествующих операций на позвоночнике, кроме хирургических вмешательств на поясничном отделе с инструментализацией на 1 или 2 уровнях.
- комплекс до- и послеоперационного обследования: Rg, MPT, МСКТ
- тип N деформации позвоночника во фронтальной плоскости по SRS-Schwab
- I тип изменений по Aebi.

Критерии исключения:

- грыжа межпозвонкового диска
- истмический и иной тип спондилолистеза, кроме дегенеративного
- недегенеративные поражения поясничного отдела позвоночника
- остеопороз (Т критерий $< -2,5$)

В таб 51 представлены сроки и методы обследования пациентов настоящего исследования.

Таб 51. Сроки и методы обследования пациентов проспективного исследования

Сроки Методы Обследования	До операции	При выписке	Через 12-24 мес.
Информированное согласие пациента на оперативное вмешательство	+	-	-
Клинический осмотр, оценка неврологического статуса	+	+	+
Анкетирование VAS	+	+	+
Анкетирование ODI	+	-	+
Рентгенография ПОП в двух проекциях с функциональными пробами	+	-	+
Постуральная рентгенография позвоночника в 2-х проекциях	+	+	+
МРТ ПОП	+	-/+	-/+
МСКТ ПОП	+	-/+	+

7.1 Анализ дооперационных клинических и радиологических данных пациентов с дегенеративно-дистрофическими поражениями позвоночника, при хирургическом лечении которых использовалась оригинальная рабочая классификация.

В исследование были включены 243 пациента, оперированных по поводу дегенеративных поражений поясничного отдела позвоночника. Согласно разработанной классификации с выделением 4 биомеханических типов поражения поясничного отдела позвоночника пациенты были распределены следующим образом: 1 тип – 119 (49,0%) пациентов, 2 тип – 67 (27,6%), 3 тип – 36 (14,8%) и 4 тип – 21 (8,6%).

Общая когорта состояла из 56 (23,0%) мужчин и 187 (77,0%) женщин. Возраст пациентов составил 61 [54; 65] лет, ИМТ – 30,8 [28,7; 32,4] кг/м². Демографические и клинические данные при разных типах поражения представлены в таб 52. Как видно из таблицы при каждом типе поражения преобладали пациенты женского пола, особенно данное различие выражено при 4 типе поражения. Пациенты 3 и 4 типов были значимо старше, чем при 1 и 2 типах ($p < 0.01$). При этом значимой разницы по параметру ИМТ отмечено не было ($p > 0.05$).

Таб 52 – Демографические данных пациентов при разных типах поражения поясничного отдела позвоночника.

<i>Биомеханический тип</i>	<i>Пол (жен/муж)</i>	<i>Возраст, лет</i>	<i>ИМТ, кг/м²</i>
<i>1 тип (гармоничный) (n=119)</i>	82/37	57 [54;61]	30,4 [28,4;32,4]
<i>2 тип (сегментарный дисбаланс) (n=67)</i>	54/13	61 [56;65]	31,1 [28,8;32,8]
<i>3 тип (регионарный дисбаланс) (n=36)</i>	30/6	66 [62,5;70]	31,15 [29,8;32,3]
<i>4 тип (глобальный дисбаланс) (n=21)</i>	19/2	65 [62,5;68]	30,8 [29,8;33,5]

Морфологический субстрат клинических проявлений в данном исследовании был представлен тремя видами: дегенеративный стеноз позвоночного канала, сегментарная нестабильность и деформация в одной или нескольких плоскостях. Дегенеративный стеноз позвоночного канала был классифицирован согласно критериям Shizas et all (2010) для центрального стеноза, согласно критериям Lee S (2010) для фораминального стеноза и критериям Schroeder GD (2016) для латерального стеноза. Морфологические

признаки сегментарной нестабильности определяли при комплексном радиологическом обследовании: трансляция вышележащего позвонка более 3 мм, ангуляция более 10° на функциональной спондилографии, а также применялись критерии Simmonds AM (2015). Под деформациями поясничного отдела позвоночника подразумевалось наличие дегенеративного анте-, рето- и (или) латеролистеза, сегментарного, регионарного или глобального сагиттального дисбаланса и (или) сколиоза. Наличие и распределение морфологических субстратов в исследуемой когорте пациентов, согласно вышеуказанным критериям, представлено в таб 53. Дегенеративный стеноз позвоночного канала присутствовал у значительно чаще у пациентов с 1 и 2 типами поражения, чем при 3 и 4 типах. Сегментарная нестабильность чаще встречалась у пациентов со 2 типом поражения, при этом ее наличие статистически значимо отличалось только при 1 типе поражения ($p=0.0246$). Деформация позвоночника присутствовала у всех пациентов с 2, 3 и 4 типами, а при 1 типе лишь в 1/5 случаях, что объясняется отсутствием нарушений сагиттального баланса у этой категории пациентов.

Таб 53. Типы морфологических субстратов боли, классифицированных согласно разработанной классификации

Биомеханический тип	Стеноз	Нестабильность	Деформация
1 тип (гармоничный) (n=119)	114 (95,8%)	40 (33,6%)	25 (21,0%)
2 тип (сегментарный дисбаланс) (n=67)	64 (95,5%)	34 (50,7%)	67 (100%)
3 тип (регионарный дисбаланс) (n=36)	32 (88,9%)	16 (44,4%)	36 (100%)
4 тип (глобальный дисбаланс) (n=21)	15 (71,4%)	9 (42,9%)	21 (100%)

В общей когорте (n=243)	225 (92,6%)	99 (40,7%)	149 (61,3%)

Хирургические вмешательства выполнялись как первично, так и повторно. Для данного исследования отобраны пациенты с предшествующей металлофиксацией. Общее количество ранее оперированных пациентов составило 18 (7,4%) человек, из которых 10 имели 3 тип поражения и 8 с 4 типом.

Причинами клинических проявлений, потребовавших повторного хирургического вмешательства, являлись:

1) на уровне предыдущего хирургического вмешательства: псевдоартроз; проседание межтелового имплантата(-ов), перелома элементов металлоконструкции (транспедикулярный винт, стержень) с потерей сегментарной коррекции;

2) на смежных с ранее оперированным уровнем: дегенеративный стеноз позвоночного канала, сегментарная нестабильность с наличием или без дегенеративного спондилолистеза.

Дооперационные данные параметров болевого синдрома и качества жизни пациентов в общей когорте составили: VAS спина - 5 [4;6] баллов, VAS нога 6 [6;7] баллов, ODI – 58% [52;64]. Характеристики данных параметров у пациентов с разными типами поражения представлены на **рис** 73-75. По результатам анализа можно заключить, что у пациентов, имеющих более тяжелые нарушения сагиттального профиля позвоночника, интенсивность болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника была выше. Показатели VAS в спине значимо увеличивались при нарастании типа поражения ($p<0.001$). Аналогичная тенденция отмечена и при сравнении значений ODI – пациенты с 4 типом поражения имели статистически более высокие значения данного параметра ($p<0.05$). Однако, закономерность выраженности болевого синдрома в ноге была прямо противоположная – чем тяжелее были нарушения сагиттального баланса позвоночника, тем болевой синдром в нижней

конечности(-ях) был менее значим. Показатели интенсивности болевого синдрома у пациентов с 3 и 4 типами поражения были статистически меньше, чем у пациентов с 1 и 2 типами ($p < 0.01$). При корреляционном анализе выявлена значимая связь биомеханического типа поражения поясничного отдела позвоночника с VAS спина ($r = 0,609$), VAS нога ($r = -0,347$) и ODI ($r = 0,307$).

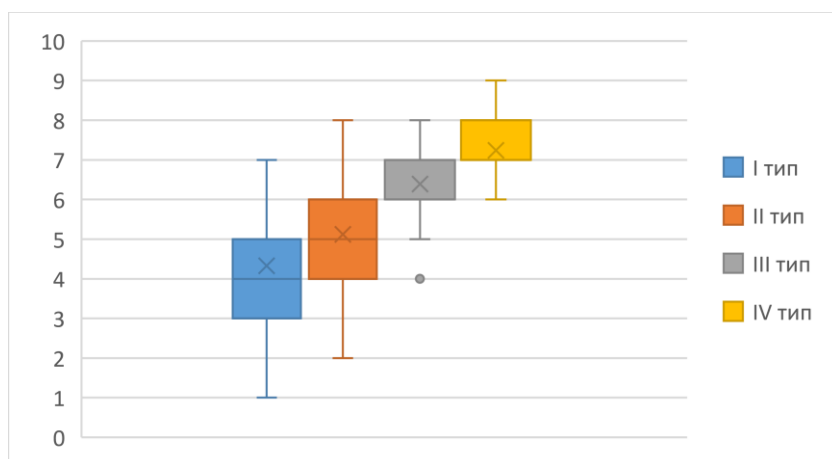


Рис. 73. Характеристика дооперационных значений VAS спина у пациентов с разными типами поражения.

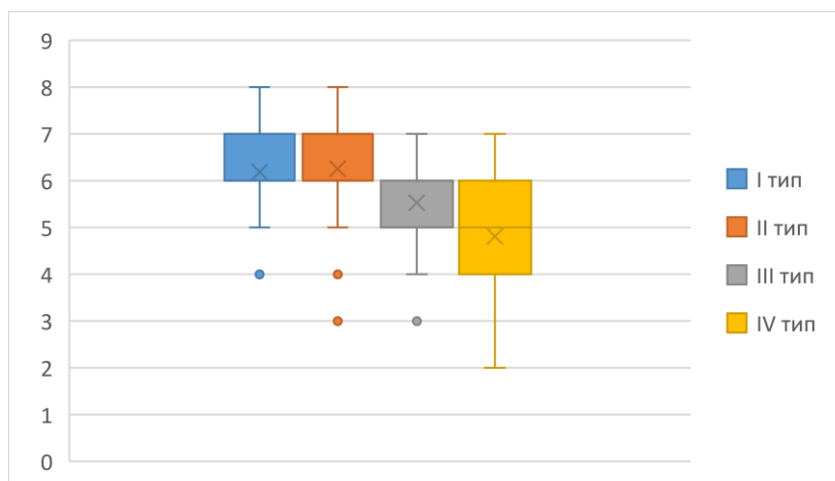


Рис. 74. Характеристика дооперационных значений VAS нога у пациентов с разными типами поражения

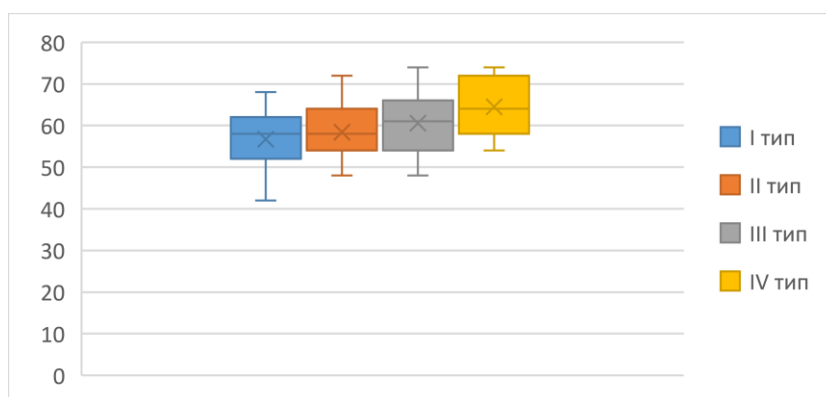


Рис. 75. Характеристика дооперационных значений ODI у пациентов с разными типами поражения.

Дооперационные радиологические параметры у пациентов с разными типами поражения представлены в таб 54. Значимых различий по параметру PI между разными типами поражения не выявлено ($p > 0,05$). Константный параметр PI у пациентов с разными поражениями значимо не различался ($p > 0,05$). Значения параметров LL, SL и LDI при более тяжелых типах биомеханических нарушений значимо уменьшались, а показатель компенсации сагиттального дисбаланса PT наоборот увеличивался ($p < 0,05$). При корреляционном анализе выявлено, что тип поражений имеет значимые связи со следующими радиологическими параметрами: с PT - $r = 0,7052$, с LL - $r = -0,7858$, с LDI - $r = -0,8478$, с SL - $r = -0,8139$, с IB - $r = 0,6825$.

Таб 54. Анализ показателей дооперационных радиологических

Биомеханический тип	PI, градусы	SL, градусы	PT, градусы	LL, градусы	LDI, %	IB (>1)
1 тип (гармоничный) (n=119)	55 [48;59]	10 [8;12]	10 [7;15]	53 [45;58]	70 [67;76]	0 (0%)
2 тип (сегментарный дисбаланс) (n=67)	53 [48;57]	1 [1;2]	11 [8;14]	50 [45;55]	70 [67;73]	0 (0%)
3 тип (регионарный дисбаланс) (n=36)	52 [49;55,5]	1 [0;2]	18,5 [17;22]	37 [33,5;39,75]	47,5 [40,5;49,75]	0 (0%)
4 тип (глобальный дисбаланс) (n=21)	54 [50,5;55,5]	0 [-1;1]	28 [26;30]	15 [11,5;22,5]	16 [13;21]	21 (100%)
Общее (n=243)	54 [48;58]	4 [1;10]	14 [8;18]	47 [42;55]	68 [60;73]	21 (8,6%)

параметров пациентов с разными типами поражений.

При анализе распределения форм поясничного лордоза по Roussouly были определены результаты, которые представлены на **рис 76**. Как видно из полученных данных, наиболее распространенным при всех типах биомеханических поражений был Roussouly III. Остальные варианты форм поясничного лордоза представлены в меньшей степени, особенно отчетливо это прослеживается при 4 типе биомеханических поражений

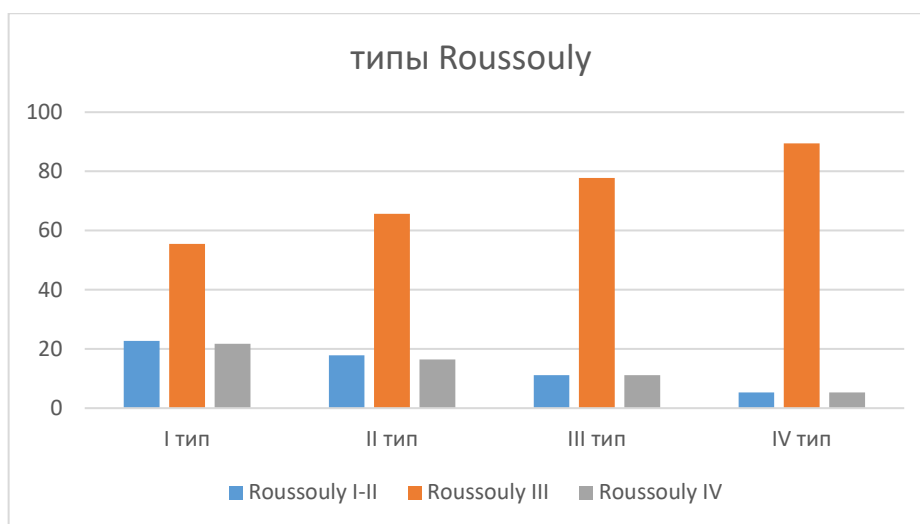


Рис 76. Распределение форм поясничного лордоза по Roussouly при разных типах биомеханических поражений.

Корреляционный анализ связи радиологических параметров с данными качества жизни и интенсивности болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника и нижних конечностях определил, что VAS спина имела значимую связь с SL ($r=-0.5223$), PT ($r=0.4715$), IB ($r=0.4164$), LL ($r=-0.4981$) и LDI ($r=0.5827$); VAS в ноге - с LDI ($r=0.3515$), LL ($r=0.3781$) и PT ($r=-0.3278$). Качество жизни, оцененное по шкале ODI имела значимую связи только с LDI ($r=0.3170$). Полученные результаты согласуются с данным литературы и в очередной раз доказывают значимость изменений радиологических параметров, отражающих биомеханическое состояние, в клиническом состоянии пациента.

7.2 Анализ результатов хирургического лечения пациентов при использовании оригинальной рабочей классификации.

Согласно разработанной лечебно-диагностической классификации, объем хирургического вмешательства предполагает применение трех видов воздействия на позвоночник, исходя из превалирующего клинического синдрома и биомеханического состояния, - декомпрессия, стабилизация с или без коррекции. У 243 пациентов, включенных в исследование, только

изолированное декомпрессивное хирургическое вмешательство проведено в 87 (35,8%) случаях, а дополненное стабилизацией в 156 (64,2%) случаях. Наибольшее количество только декомпрессивного вмешательства проведено при 1 типе биомеханических поражений (в 80 (67,2%) случаях), при 2 типе проведено 7 (10,4%) таких операции, а при 3 и 4 типах выполнялись только декомпрессивно-стабилизирующие вмешательства, что было обусловлено необходимостью восстановления нарушенных межсегментарных взаимоотношений в пораженных ПДС.

Виды и частота хирургических технологий, используемых для стабилизации и коррекции, представлены в таб 55.

Таб 55. Технологии стабилизации и коррекции, применяемые при хирургическом лечении пациентов с разными типами поражения.

Биомеханический тип	Стабилизация						
	ТПФ (уровни)				спондилодез		
	1	2	3	4	PLIF/TLIF	DLIF	ALIF
1 тип (гармоничный) (n=119)	39 (32,8%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	39 (32,8%)	0 (0%)	0 (0%)
2 тип (сегментарный дисбаланс) (n=67)	56 (83,6%)	4 (6,0%)	0 (0%)	0 (0%)	53 (79,1%)	10 (14,9%)	0 (0%)
3 тип (регионарный дисбаланс) (n=36)	21 (58,3%)	15 (41,7%)	0 (0%)	0 (0%)	31 (86,1%)	7 (19,4%)	11 (30,6%)
4 тип (глобальный дисбаланс) (n=21)	0 (0%)	14 (66,7%)	5 (23,8%)	2 (9,5%)	7 (30,0%)	10 (47,6%)	20 (95,2%)

При необходимости осуществления спондилодеза на нескольких уровнях из разных доступов (вентральный, прямой боковой или дорзальный) хирургическое вмешательство проводилось в одну или несколько сессий.

Разделение этапов вмешательства на несколько сессий было обусловлено целесообразностью снижения одномоментной хирургической травмы, длительности вмешательства и анестезиологического обеспечения, которые являются независимыми факторами риска периоперационных осложнений. Интервал между хирургическими сессиями составил 5.5 [5;7] дня.

Интраоперационные характеристики и длительность послеоперационной госпитализации представлены в таб 56. Как видно из представленных результатов, значения оцениваемых параметров увеличиваются соразмерно тяжести типа биомеханических нарушений, что обусловлено необходимостью применять больший объем вмешательства для достижения клинико-рентгенологических целей.

Таб 56. Анализ длительности операции, объема кровопотери и послеоперационного койко-дня у пациентов с разными типами биомеханических поражений.

Биомеханический тип	Длительность операции, мин.	Объем кровопотери, мл.	Послеоперационный койко-день
1 тип (гармоничный) (n=119)	80 [60;150]	100 [60;200]	7 [5;9]
2 тип (сегментарный дисбаланс) (n=67)	170 [150;190]	300 [200;350]	9 [8;12]
3 тип (регионарный дисбаланс) (n=36)	250 [200;307,5]	400 [350;650]	13 [9;15]
4 тип (глобальный дисбаланс) (n=21)	410 [392,5;445]	650 [550;865]	21 [17,5;28]
Общее (n=243)	160 [80;200]	250 [80;400]	9 [6;12]

Анализ основных оцениваемых радиологических параметров у пациентов при разных типах поражения. SL при 1 типе поражения значимо не изменился после операции и через 12-24 мес в сравнении с дооперационными показателями ($p=0.0531$ и $p=0.0896$, соответственно). При 2, 3 и 4 типах поражения SL значимое увеличился после операции ($p<0.001$). Однако, в течении 12-24 мес отмечена значимая потеря сегментарной коррекции как при 2, так и 3 и 4 типах поражения ($p=0.0201$, $p=0.001$ и $p<0.001$, соответственно). Послеоперационные изменения параметра механизма компенсации РТ при 1 и 2 типах поражения значимо не изменился, а также не отмечено динамики в период наблюдения ($p>0.05$). Однако, при 3 и 4 типах данный параметр значимо уменьшился после операции. А также в течении 12-24 мес. его значения продолжали снижаться как при 3, так и при 4 типах ($p=0.0093$ и $p=0.0134$, соответственно) в сравнении с послеоперационными показателями. LL при 1 типе поражения значимо не изменился как после операции, так и в течении 12-24 мес ($p>0.05$). При 2, 3 и 4 типах поражения поясничный лордоз значимо увеличился в сравнении с дооперационными данными ($p=0.0432$, $p<0.001$ и $p<0.001$, соответственно), и данная коррекция сохранялась без значимой динамики в течении 12-24 мес ($p=0.3860$, $p=0.7006$ и $p=0.5376$, соответственно). Динамика изменения нижне-поясничного лордоза была аналогична LL, после операции он значимо улучшился у пациентов с 2, 3 и 4 типами поражений ($p<0.001$), и данное состояние сохранялось на протяжении всего периода наблюдения.

IV был « >0.5 » только при 4 типе поражения, что обозначено в разработанной нами классификационной системе. Этот параметр стал « <1 » у 13 (61,9%) пациентов после операции, а на момент контрольного осмотра (через 12-24 мес) – у 18 (85,7%) пациентов.

Анализ интенсивности болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника и нижних конечностях в периоды наблюдения при разных типах биомеханических нарушений представлены на **рис 77-79**. В

послеоперационном периоде VAS в спине значительно уменьшился у пациентов при всех типах поражения ($p < 0,001$). При сравнении данных после операции и на период завершающего контрольного осмотра у пациентов при 1, 2 и 3 типах данных параметр также значительно продолжал снижаться ($p < 0,0001$, $p < 0,0001$ и $p = 0,0018$ соответственно). При 4 типе болевой синдром снижался в динамике, но это не было статистически значимым ($p = 0,2897$). Показатели интенсивности болевого синдрома в ноге после операции значительно уменьшились при всех типах поражения ($p < 0,001$). Однако, в период послеоперационного наблюдения VAS в ноге повысился, но статистически значимо это было только при 1 типе поражения ($p = 0,0119$). Значения показателя качества жизни (ODI) на период завершающего контрольного осмотра значительно уменьшились в сравнении с дооперационными данными при всех типах поражения ($p < 0,001$).

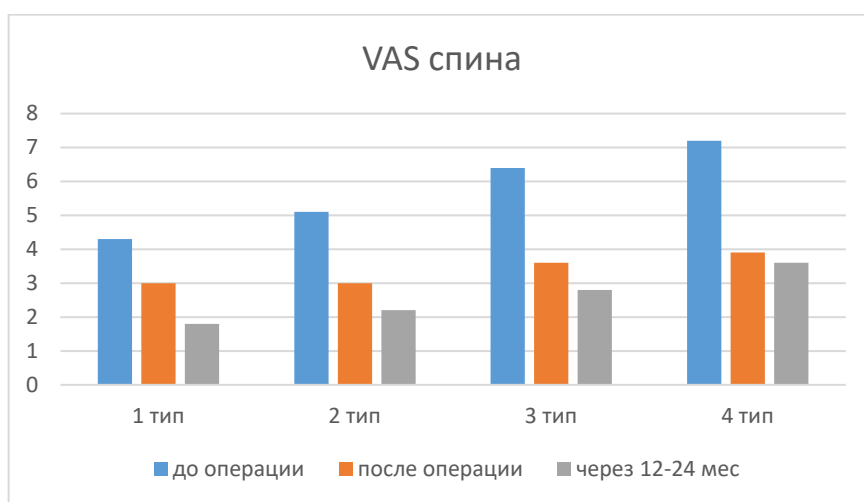


Рис 77. VAS спина в периоды наблюдения у пациентов с разными типами биомеханических поражений

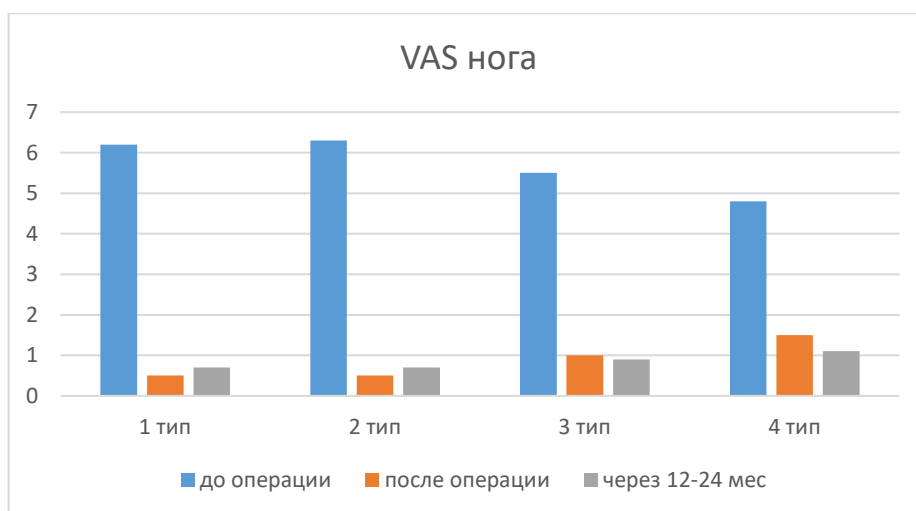


Рис 78. VAS нога в периоды у пациентов с разными типами биомеханических поражений.

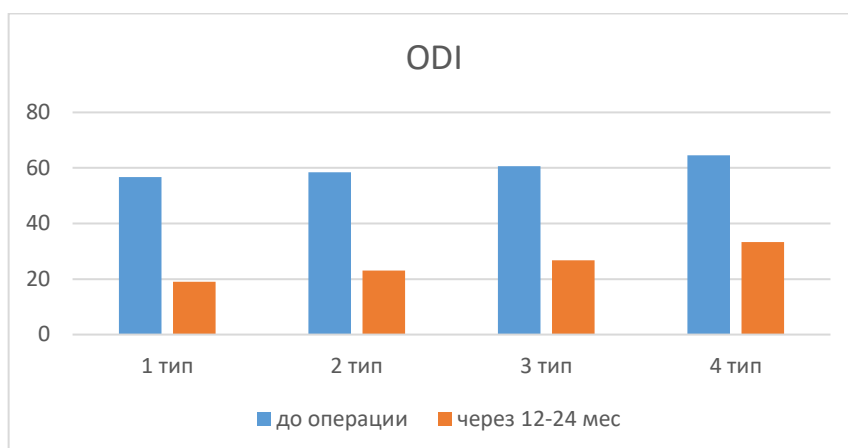


Рис 79. ODI периоды наблюдения у пациентов с разными типами биомеханических поражений.

В общей когорте пациентов порогового значения MCID по ODI в 14.3 балла преодолели 221 (90,9%) пациент. Результаты анализ достижения MCID по ODI при разных типах биомеханических поражений представлен на **рис 80**. Как и в общей когорте имела аналогичная тенденция при каждом типе поражения – порог MCID преодолен около 90% пациентами. Значимых различий по данному показателю между пациентами с разными типами поражения не выявлено ($p > 0.05$).

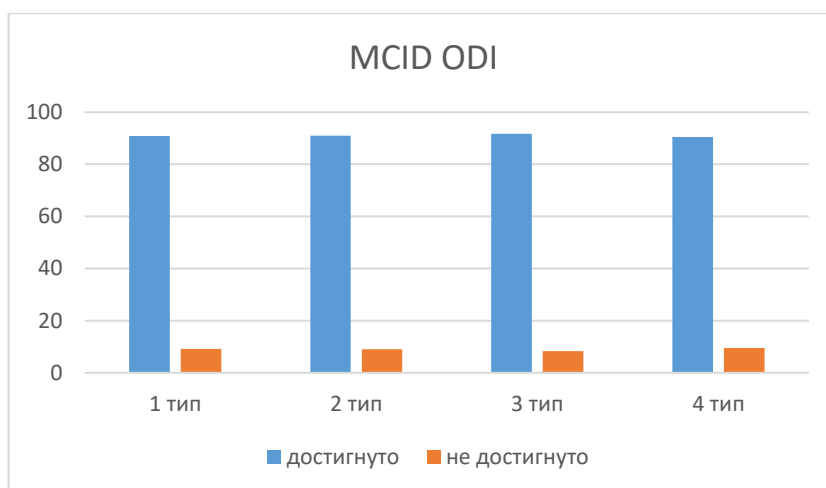


Рис 80. Преодоление порогового значения MCID для ODI (выражено в %)

У исследуемых пациентов проведена оценка формирования межтелового блока согласно критериям Тап, как фактора, влияющего на клинические результаты спондилодез. В общей когорте пациентов выполнено 156 (64,2%) хирургических вмешательств, включающих спондилодез. Наименьшее количество металлофиксаций проведено при 1 типе поражений - в 39 (32,8%) случаях, при 2 типе – в 60 (89,6%) случаях, а при 3 и 4 типах спондилодез осуществлен в 100% случаях. Сформированность искусственного костно-металлического блока была оценена по данным МСКТ в период завершающего контрольного осмотра - через 12-24 мес. Изменения, соответствующие сформированному межтеловому блоку (Тап I-II), выявлены у 140 (89,7%) из 156 пациентов. А несформированный блок (Тап III-IV) – в 16 (10,3%) случаях. Анализ данного показателя при разных типах поражения представлен на **рис 81**. Наибольшая частота сформированного блока отмечена при 3 типе поражений, наименьшая – при 4 типе, однако, при сравнительном анализе значимых различий по данному параметру у пациентов с разными типами поражения не выявлено ($p>0.05$).

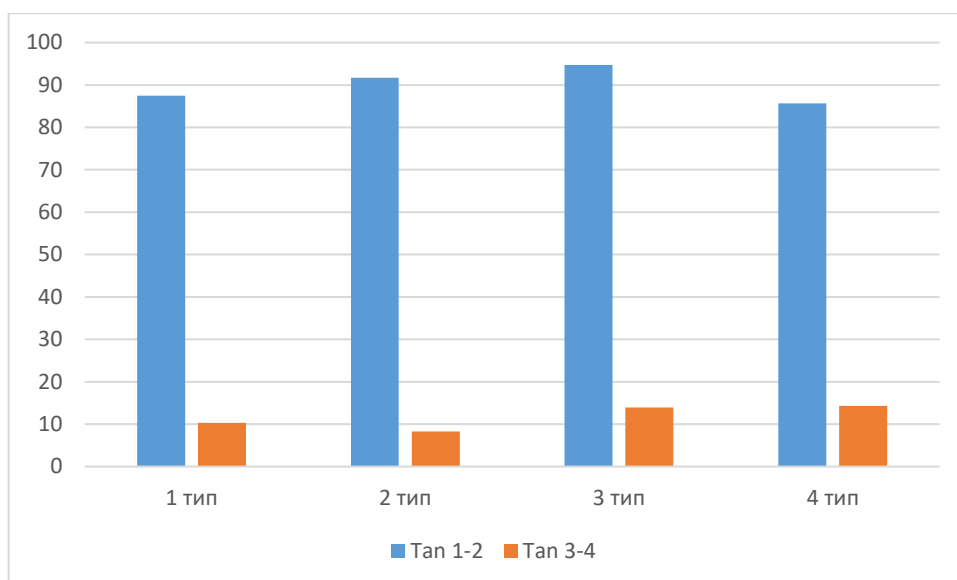


Рис 81. Межтеловой блок по Тан у пациентов с разными типами биомеханических поражений

По результатам корреляционного анализа выявлено, что межтеловой блок по Тан имеет следующие значимые взаимосвязи:

- с MCID для ODI ($r=0.7135$)
- с ODI через 12-24 мес ($r=-0.5234$)
- с VAS спина через 12-24 мес ($r=-0.4441$)

Остальные оцениваемые радиологические, демографические, клинические и хирургические показатели не имели значимой корреляционной связи с межтеловым блоком ($r<0.3$).

В общей когорте у 53 (21,8%) пациентов отмечено развитие осложнений. При 1 типе - 19 (15,9%) случаев, при 2 типе - 13 (19,4%) случаев, при 3 типе - 10 (27,8%) случаев, при 4 типе - 11 (52,4%) случаев. Данный факт можно объяснить более тяжелыми и объемными хирургическими вмешательствами при 3 и, особенно, 4 типе поражения. Виды осложнений представлены в таб 57. Наибольшее число осложнений представлено «прочими», которые не связаны напрямую с областью хирургического вмешательства, а с медицинскими манипуляциями или системными, или локальными последствиями

травматического воздействия на организм. Они включают в себя посткатетеризационный цистит, бессимптомная лейкоцитурия, постинъекционный инфильтрат, анемия средней и тяжелой степени тяжести, пневмония, острый инфаркт миокарда, потеря зрения. При корреляционном анализе значимой связи между общим количеством осложнений и демографическими, клиническими, радиологическими и хирургическими параметрами выявлено не было ($r < 0.3$). Однако, оценивая связь разных видов осложнений с оцениваемыми параметрами, выявлены определенные корреляции. Применение ALIF значимо коррелировало с развитием тромбоэмболических осложнений ($r = 0.3109$), DLIF с неврологическими ($r = 0.4502$). Остальные взаимосвязи были слабые ($r < 0.3$).

Таб 57. Характеристика осложнений у пациентов с разными типами спондилолистеза, классифицированных согласно разработанной системе.

Биомеханический тип	Механические	Инфекционные	Неврологические	Тромбо-эмболические	Прочие
1 тип (гармоничный) (n=119)	2 (1,7%)	2 (1,7%)	3 (2,5%)	1 (0,8%)	14 (11,8%)
2 тип (сегментарный дисбаланс) (n=67)	1 (1,5%)	1 (1,5%)	3 (4,5%)	1 (1,5%)	7 (10,4%)
3 тип (регионарный дисбаланс) (n=36)	1 (2,8%)	1 (2,8%)	4 (11,1%)	3 (8,3%)	2 (5,6%)
4 тип (глобальный дисбаланс) (n=21)	1 (4,8%)	0 (0,0%)	3 (14,3%)	2 (9,5%)	7 (33,3%)

Деление представленных выше осложнения на виду не может отражать степень их тяжести. С этой целью проведена оценка отклонение от нормального послеоперационного течения, которое не вложено в саму эту процедуру и

которое не является последствие лечения. С этой целью была применена классификация «According to Dindo and Clavien» [77]. Эта система позволяет разделить осложнения на малые и большие. К малым относятся I и II типы по «According to Dindo and Clavien», к большим – IIIa, IIIb, IV и V типы. В общей когорте отмечено 16 (6,6%) осложнений I типа, 28 (11,5%) – II типа и 9 (3,7%) осложнений IV типа. Осложнения других типов не встечались. Распределение типов осложнений по классификации «According to Dindo and Clavien» при разных биомеханических типах поражения представлено в таб. 58. По результатам представленных данных можно отметить, что при хирургическом лечении пациентов с более грубыми биомеханическими нарушениями имеется выше частота возникновения грубых послеоперационных осложнений.

Таб. 58. Распределение типов осложнений по классификации «According to Dindo and Clavien» при разных биомеханических типах поражения.

<i>«According to Dindo and Clavien»</i>	<i>1 тип (гармоничный) (n=119)</i>	<i>2 тип (сегментарный дисбаланс) (n=67)</i>	<i>3 тип (регионарный дисбаланс) (n=36)</i>	<i>4 тип (глобальный дисбаланс) (n=21)</i>
<i>I тип</i>	7 (5,9%)	5 (7,5%)	3 (8,3%)	1 (4,8%)
<i>II тип</i>	9 (7,6%)	6 (9,0%)	5 (13,9%)	8 (38,1%)
<i>IV тип</i>	4 (3,4%)	2 (3,0%)	2 (5,6%)	2 (9,5%)

Повторные хирургические вмешательства проведены у 17 (7,0) пациентов в течении периода наблюдения 12-24 мес. В 10 (4,1%) случаях реоперация проведена по поводу осложнений, и в 7 (2,9%) случаях по иным причинам.

У пациентов с 1 типом биомеханических нарушений (n=119) выполнено 5 (4,2%) повторных хирургических вмешательств: 2 случая – клинических значимая медиальная мальпозиция транспедикулярного винта, 1 случай – глубокая ИОХВ, 2 случая – прогрессирование дегенеративно-дистрофического поражения ПДС (на уровне операции и смежном уровне).

При 2 типе биомеханических нарушений ($n=67$) проведено 5 (7,5%) реопераций: 1 случая – клинически значимая медиальная мальпозиция транспедикулярного винта, 1 случай – глубокая ИОХВ, 3 случая – прогрессирование дегенеративно-дистрофического поражения ПДС (на уровне операции и смежном уровне).

При 3 типе ($n=36$) – 4 (11,1%) реоперации. В 1 случае – миграция межтелового кейджа, 1 случай – глубокая ИОХВ, 2 случая – прогрессирование дегенеративно-дистрофического поражения ПДС (на смежном уровне).

При 4 типе ($n=21$) – 3 (14,3%) реоперации. В 1 случае – эвентрация петель тонкого кишечника, 1 случай – перелом элементов металлоконструкции, 1 случай – прогрессирование дегенеративно-дистрофического поражения ПДС (на смежном уровне).

При проведении корреляционного анализа связи частоты реоперации с демографическими, клиническими, радиологическими показателями выявлена значимая связь реоперации с:

- MCID ODI ($r=-0.3070$)
- ODI через 12 мес ($r=0.3852$)
- VAS спина через 12 мес ($r=0.3520$)

Таким образом, применение разработанной лечебно-диагностической классификации при хирургических вмешательствах у пациентов с моно- и полисегментарным дегенеративным стенозом позвоночного канала и дегенеративными деформациями поясничного отдела позвоночника позволило достичь преодоления порогового значения MCID для ODI в 90,9% случаев, при этом частота осложнений, обусловленная хирургическим вмешательством, составила 21,8%, из которых «больших» – 4,1%, при которых проводились повторные хирургические вмешательства.

7.3 Хирургическая тактика и анализ ее результатов при лечении пациентов с III и IV типами биомеханических нарушений согласно разработанной лечебно-диагностической классификации.

В данной части работы проведен анализ применения комбинаций хирургических технологий с обязательным вентральным спондилодезом гиперлордотическими кейджами на ниже-поясничных уровнях для коррекции нарушенных взаимоотношений у пациентов с сагиттальным дисбалансом дегенеративного генеза. Для этого были использованы данные пациентов с III и IV типами поражений из исследования №5.

7.3.1 Анализ результатов хирургических вмешательств с применением комбинации хирургических технологий.

Материалом для исследования послужили данные 30 пациентов, оперированных в период с 2014 по 2018 года, которым проведен корригирующий спондилодез на поясничном отделе позвоночника. Данный метод заключался в обязательной установке гиперлордотических кейджей (15° и 18°) на L4-L5 и (или) L5-S1 уровнях. В случае необходимости дополнительной коррекции, локализации субстрата клинско-неврологических проявлений, выполнялось продление транспедикулярной и межтеловой фиксации (DLIF или TLIF (банановидным кейджем)) на вышележащие уровни поясничного отдела позвоночника. Пациентам проводилась остеотомия 1 или 2 типа по SRS-Schwab на уровнях спондилодеза. Хирургические этапы выполнялись одно или многомоментно (интервал между этапами 5 дней и более). Так как в имеющейся литературе нет четких регламентаций по временным интервалам между этапами операций (имеются данные от 3 до 7 дней), выполняемых в разные хирургические сессии, то подобная тактика складывалась эмпирическим путем. Аргументом в пользу многомоментного подхода был отягощенный соматический статус (более 5 баллов по шкале Чарлсон) пациента с целью минимизации разовой хирургической агрессии и риска осложнений.

Срок наблюдения пациентов составил от 12 мес. Анализированы демографические, клинические, хирургические и радиологические параметры. Данные оценивались до операции, на момент выписки и минимум через 12 мес.

Для анализа использованы следующие радиологические параметры: PI, PT, SVA, LL, LowLL (L4-S1), PI-LL, тип Roussouly, Global Alignment and Proportion (GAP). Тип Roussouly у каждого пациента определяли по PI: тип I и II - $PI < 45^\circ$, тип III – $PI 45-60^\circ$, тип IV – $PI > 60^\circ$ [9]. Восстановление типа Roussouly определяли как некорригированный, корригированный и гиперкорригированный. GAP выражается в трех состояниях: «0-2» балла – пропорциональный баланс; «3-6» - умеренно диспропорциональный баланс; >7 баллов - грубо диспропорциональный.

Когорта состояла из 4 (13,3%) мужчин и 26 (86,7%) женщин. Средний возраст исследуемых пациентов был $65,2 \pm 4,4$ год. Индекс массы тела в среднем составил $31,1 \pm 1,7$ кг/м².

Количество ранее оперированных пациентов – 8 (26,7%) человек. Первично у пациентов выполнялся моносегментарный спондилодез на одном из поясничных уровней (транспедикулярная фиксация в сочетании с или без межтеловой стабилизацией). Неблагоприятный исход первичной операции был обусловлен клинически значимым несращением с развитием псевдоартроза, потерей коррекции на оперированном уровне, несостоятельностью транспедикулярной фиксации, патологическими изменениями на смежных уровнях.

Послеоперационная госпитализация составила $19,1 \pm 6,9$ дней в группе комбинированного лечения. Суммарная продолжительность хирургического вмешательства составила $363,0 \pm 95,9$ минут. Средняя кровопотеря - $673,0 \pm 355,8$ мл.

Транспедикулярная стабилизация выполнена всем 30 пациентам. Двухуровневая фиксация проведена в 15 (50,0%) случаях, трехуровневая в 13

(43,3%) случаях, четырехуровневая в 2 (6,7%) случаях. ALIF и ТПФ на уровнях L4-L5 и (или) L5-S1 выполнены 10 (33,3%) пациентам. Вентральный межтеловой спондилодез и задняя винтовая фиксации, дополненные DLIF на уровнях L2-L3 и (или) L3-L4, проведены 14 (46,7%) пациентам. ALIF и ТПФ, дополненные TLIF только на уровне L3-L4 проведены 6 пациентам (20,0%).

Статистический анализ изменений клинических и радиологических параметров в группах в сравнении с до- и после операции представлены в таб 59-60. Из представленных данных видно, что показатели интенсивности болевого синдрома в спине и нижних конечностях, качества жизни значительно и радиологические данные значительно улучшились.

Таб 59. Анализ клинических данных.

* - изменения статистически значимы.

Параметры	до операции	после операции	р-уровень	после 12 мес	р-уровень
VAS спина	6,7±0,9	3,3±0,9	0,000002*	3,3±0,8	0,000002*
VAS нога	4,6±1,4	0,5±0,6	0,000002*	0,9±0,8	0,000002*
ODI	60,4±8,0			34,7±4,9	0,000002*

Таб 60. Анализ изменений параметров сагиттального баланса.

* - изменения статистически значимы.

параметры	до операции	после операции	р-уровень	после 12 мес	р-уровень
PT	26,1±5,7	17,4±3,9	0,000002*	19,33±4,4	0,000002*
SVA	6,7±3,5	2,7±2,3	0,000002*	3,7±1,7	0,000004*
LL	36,3±18,6	55,1±11,8	0,000002*	51,6±10,7	0,000002*
Low LL	35,8±20,9	68,7±10,8	0,000002*	68,9±10,0	0,000002*
PI-LL	21,0±13,8	2,2±8,7	0,000002*	5,7±8,1	0,000002*
GAP					
"0-2"	0	16	0,000001*	18	0,000001*
"3-6"	14	14	0,999999	12	0,794882
>7	16	0	0,000001*	0	0,000001*

MCID для ODI был достигнут в 26 (86,7%) случаях.

В когорте пациентов I и II тип по Roussouly выявлен у 2 (6,7%) пациентов, у 18 (60,0 %) - III тип, у 10 (33,3 %) – IV тип. Восстановление идеального типа Roussouly отмечено у 18 (60,0%) пациентов, тип ниже идеального - в 6 (20,0%) случаях, выше идеального - в 6 (20,0%) случаях.

Встречавшиеся осложнения были разделены на 5 видов: механические, инфекционные (ИОХВ), неврологические, тромбоэмболические и прочие. К механическим осложнениям были отнесены: перелом элементов металлоконструкции, перелом частей позвонков, миграция имплантатов, РЖК, несостоятельностью концевых точек фиксации. К прочим были отнесены: пневмония, уроинфекция, травма крупных сосудов, эвентрация петель кишечника, ликворея, почечная недостаточность. Распределение видов осложнений в группах представлено в таб. 61.

Таб 61. Анализ видов осложнений

виды осложнений	N (%)
механические	3 (10,0%)
инфекционные	1 (3,3%)
неврологические	1 (3,3%)
тромбоэмболические	6 (20,0%)
прочие	6 (10,0%)
количество пациентов с осложнениями	13 (43,3%)

Механические осложнения были связаны в 1 (3,3%) случае с переломом элементов металлоконструкции, в 2 (6,6%) случаях с миграцией гиперлордотического кейджа.

Повторные хирургические вмешательства проведены у 3 (10,0%) пациентов: в одном – эвентрация петель тонкого кишечника, в двух – миграция межтелового имплантата.

На рис 82 представлен клинический пример хирургического лечения пациента.

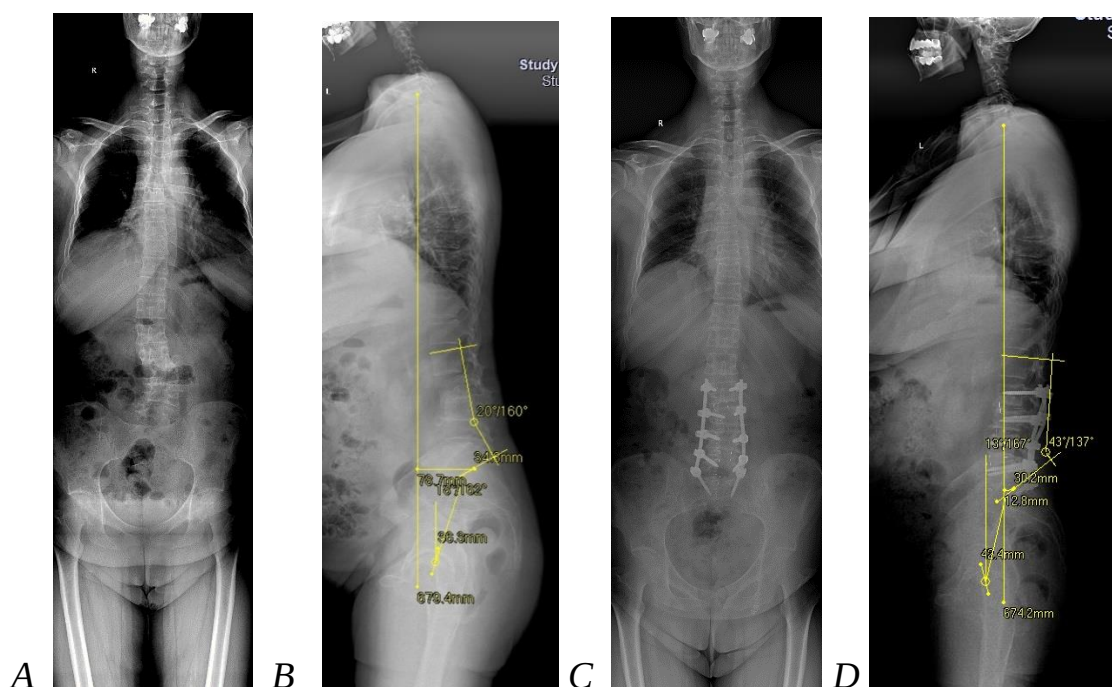


Рис. 82. Рентгенограммы пациента 50 лет с поясничным сколиозом «de novo», нарушением сагиттального баланса, дегенеративным стенозом, проявляющихся выраженным болевым синдромом в поясничном отделе позвоночника и нейрогенной перемежающейся хромотой. А и В: дооперационные рентгенограммы в степ-режиме в боковой и прямой проекциях. PI - 46°, PI-LL - 26°, PT - 18°, SVA – 78 мм, LDI – 96%, GAP – 7 баллов, III тип Roussouly. Пациенту проведено - ALIF на уровнях L4-L5, L5-S1 и DLIF на уровнях L2-L3, L3-L4, остеотомия Schwab I и II тип на всех уровнях, задняя винтовая фиксация L2-S1. С и D (через 1 год): рентгенограммы в степ-режиме в боковой и прямой проекциях после. PI - 46°, PI-LL - 3°, PT -13 °, SVA – 30 мм, LDI – 79%, GAP – 2 балла.

Таким образом, корригирующие вмешательства на поясничном отделе позвоночника у пациентов с деформациями позвоночника дегенеративной этиологии значительно улучшают показатели позвоночно-тазового и глобального сагиттального баланса, значительно снижают интенсивность болевого синдрома и повышают качество жизни. При этом корригирующий межтеловой спондилодез на уровнях L4-L5, L5-S1 в многоэтапном хирургическом лечении

позволяет значительно улучшить и гармонично восстановить параметры сагиттального баланса, а так же повысить качество жизни пациентов.

7.3.2 Одно- и многомоментные подходы при хирургических вмешательствах у пациентов с нарушением сагиттального баланса дегенеративной этиологии.

Проведено исследование результатов хирургического лечения 54 пациентов (с 3 и 4 типами поражения из исследования №5).

Хирургическое лечение состояло из следующих этапов, двух обязательных и одного опционального:

- Обязательный (дорзальная декомпрессия и (или) ТПФ): декомпрессия на клинически значимых уровнях, остеотомия SRS-Schwab 1 или 2 тип и задняя транспедикулярная винтовая фиксация проводились на всех уровнях, где выполнялся межтеловой спондилодез.

- Обязательный (ALIF): вентральный корригирующий межтеловой спондилодез гиперлордотическими кейджами (лордотический угол 15° или 18°) на ниже-поясничных уровнях (L4-L5 или L4-L5 и L5-S1).

- Опциональный (LLIF): прямой боковой межтеловой спондилодез (LLIF) на уровне L3-L4 или L2-L3 и L3-L4 (при необходимости дополнительной коррекции, либо наличии морфологического субстрата клинικο-неврологических проявлений, что определялось на этапе планирования).

Последовательность этапов хирургического лечения определялась клинικο-морфологическими изменениями (степень выраженности стеноза, мобильность сегментов, наличие имплантатов после предшествующих операций и т.д.) и могла быть следующей: LLIF-ALIF- дорзальная декомпрессия-ТПФ, ALIF-дорзальная декомпрессия-ТПФ, дорзальная декомпрессия-ALIF-ТПФ. Если хирургическое лечение предполагало выполнение LLIF, то данный вид спондилодеза всегда выполнялся в первую очередь.

В случае, если хирургическое лечение проводилось в качестве ревизионного и у пациента имелась транспедикулярная конструкция в зоне предполагаемой коррекции, то имелись определенные особенности: первично выполнялся дорзальный этап (демонтаж конструкции, дорзальная декомпрессия, остеотомии и установка транспедикулярных винтов на всех необходимых уровнях), затем проводился этап на передней опорой колонне (с удалением ранее установленных межтеловых имплантатов, если таковые имелись), завершающим этапом был дорзальный (окончательный монтаж транспедикулярной конструкции).

Исходя из тактики хирургического лечения, пациенты были разделены на 2 группы: I группа – пациенты, которым все этапы хирургического вмешательства проводились в одну хирургическую сессию (одномоментно); II группа – пациенты, которым проводилось 2-3 этапа с временным интервалом 5 и более дней (многомоментно).

Период наблюдения составил весь срок госпитализации пациентов. Оценены демографические, клинические, операционные, рентгенологические параметры. Рентгенологические и клинические данные анализированы до хирургического вмешательства, а также за сутки до выписки, так как в этот период имеется минимальная потребность в обезболивающих препаратах, обусловленная операционной травмой, что снижает их влияние на достоверность полученных результатов.

Демографические данные включали: возраст, пол, индекс массы тела, продолжительность госпитализации. Клинические данные: VAS спина и нога до операции и перед выпиской, ODI до операции. Статус коморбидности оценивали по шкале Чарлсон: низкий – 0-2 балла, умеренный – 3-6 баллов, высокий – 7-9 баллов, очень высокий – >9 баллов. Данные, связанные с хирургическим вмешательством: индекс инвазивности хирургического вмешательства по Mirza [189], тип операции (первичная, повторная), продолжительность операции (при этапной тактике – суммарно всех этапов),

общий объем кровопотери (при этапной тактике – суммарно всех этапов), уровни хирургического вмешательства, интра- и послеоперационные осложнения, интервал между этапами операции, реоперации в период госпитализации

Оцениваемые радиологические параметры: PI, PT, SVA, LL, LDI, PI-LL, тип Roussouly, Global Alignment and Proportion (GAP).

Тип Roussouly у каждого пациента определяли по PI: тип I и II - $PI < 45^\circ$, тип III – $PI 45-60^\circ$, тип IV – $PI > 60^\circ$. После операции, согласно Pizones J et al, тип Roussouly определяли как некорригированный, корригированный, гиперкорригированный.

В I группе гендерное распределение было следующее: 6 (22,22 %) мужчин и 21 (77,78%) женщина. Средний возраст исследуемых пациентов - $64,3 \pm 3,6$ года. Индекс массы тела в среднем составил $30,8 \pm 1,9$ кг/м². Во II группу вошли 1 (3,70 %) мужчина и 26 (96,30 %) женщин. Средний возраст - $66,6 \pm 6,1$ года. Индекс массы тела – $31,2 \pm 1,7$ кг/м².

Предшествующее хирургическое вмешательство по поводу дегенеративной патологии имелось у 7 (25,93 %) пациентов I группы и у 6 (22,22 %) II группы ($p=0,752506$). Первично проводился моносегментарный спондилодез на одном из поясничных уровней (транспедикулярная фиксация в сочетании или без с межтеловым спондилодезом). Повторное хирургическое вмешательство потребовалось ввиду развития неблагоприятного исхода: псевдоартроза, потери коррекции на оперированном уровне, несостоятельности металлофиксации, усугубления патологических изменений на соседних уровнях.

Период пребывания пациента в стационаре со дня операции до момента выписки в I группе составил $13,8 \pm 5,96$ дня против $18,7 \pm 6,07$ дней во II группе, что имело статистическую разницу между группами ($p=0,0043$). Интервал между этапами во II группе находился в пределах от 5 до 15 дней

(6.4 ± 2.00 дней). У 3-х пациентов между этапами возникли осложнения, которые являлись противопоказанием к проведению следующего этапа на период его купирования, они в расчет среднего межэтапного интервала не включались. Следующий этап операции им проводился через 3 мес. Продолжительность хирургического вмешательства в I группе составила $275,7 \pm 109,37$ минут и была меньше, чем суммарная всех этапов во II группе, в которой данное значение было в пределах $357,6 \pm 65,11$ минут ($p=0,0017$). Средняя кровопотеря в I группе - $486,7 \pm 341,94$ мл, что было значительно меньше, чем общий объем во всех этапах операции II группы $678,5 \pm 220,92$ мл ($p=0,0183$).

Статистический анализ клинический и рентгенологических параметров в группах представлен в таб 62 и 63. Данные анализа указывают на достоверно значимое улучшение всех оцениваемых параметров в обеих группах. Одним из ограничений в межгрупповом сравнении, что снижает уровень доказательности результатов, является их неоднородность по дооперационному показателю LL.

*Таб 62. Анализ клинических данных I группы и II группы. * Изменения статистически значимы.*

Параметры		До операции, баллы	после операции, баллы	p-уровень
I группа (n=27)	VAS спина, баллы	6.44 ± 0.89	3.11 ± 0.97	0.00006*
	VAS нога, баллы	4.59 ± 1.67	0.44 ± 0.69	0.00005*
	ODI, %	58.0 ± 8.78	-	-
II группа (n=27)	VAS спина, баллы	6.89 ± 0.85	3.41 ± 0.89	0.00006*
	VAS нога, баллы	4.78 ± 1.22	0.63 ± 0.56	0.000032*

	ODI, %	63.04±6.55	-	-

Таблица 63. Анализ изменений параметров сагиттального баланса I и II группы

** Изменения статистически значимы.*

Параметры	I группа(n=27)			II группа (n=27)			I/II группы после операции, p- level
	До операции	После операции	p-уровень	До операции	После операции	p-уровень	
PI, градусы	60.81±9.58	-	-	53.04±12.11	-	-	
PT, градусы	26.22±6.20	18.19±3.84	0.00006*	25.89±5.40	16.67±4.04	0.00006*	0,208449
SVA, см	5.73±3.57	2.45±2.46	0.00004*	7.69±3.57	3.17±2.20	0.00047*	0,023654*
LL, градусы	41.70±17.05	58.04±11.60	0.00056*	29.59±18.53	51.33±11.12	0.00036*	0,931646
LDI, %	43.52±14.79	68.07±11.81	0.00011*	30.22±23.45	69.0±10.05	0.00047*	0,693045
PI-LL, градусы	19.11±15.32	2.78±9.88	0.00003*	23.44±12.87	1.70±7.96	0.00003*	
GAP, баллы:			0,000062*			0.000003*	0,823504
0–2	0 (0,0)%	13 (48.15 %)					

3–6	17 (62.96 %)	14 (51.85 %)		8 (29.63 %)	13 (48.15 %)		
>7	10 (37.04 %)	0 (0,0)%		19 (70.37 %)	-		

Межгрупповой анализ определил, что на момент окончания хирургического лечения перед выпиской пациентов из стационара достоверной разницы по VAS в спине и ноге не было ($p=0,248647$ и $p=0,196140$ соответственно). При сравнении результатов изменений рентгенологических параметров также не выявлено достоверных различий ($p>0.05$), кроме LL, который был значимо выше в группе одномоментного лечения ($p=0,0236$).

В группе одномоментного хирургического лечения I и II тип по Roussouly выявлен в 0 (0%) случаях, III тип - в 18 (66.67 %), IV тип - в 9 (33.33 %). В группе многомоментного хирургического лечения I и II тип по Roussouly выявлен у 4 (14.81 %) пациентов, у 14 (51.85 %) - III тип, у 9 (33.33 %) - IV тип. Восстановление идеального типа Roussouly в I группе достигнуто в 19 (70.37 %) случаях, во II группе - в 13 (48.15%) случаях, однако это не имело статистической разницы ($p=0,1002$).

Осложнения были разделены на 5 видов: механические, инфекционные (ИОХВ), неврологические, тромбоэмболические и прочие. К прочим отнесены: пневмония, уроинфекция, травма крупных сосудов, эвентрация петель кишечника, ликворея, почечная недостаточность. Распределение видов осложнений в группах представлено в таб. 64. Достоверного межгруппового различия отмечено не было ($p=0,583171$).

Таб 64. Сравнительный анализ осложнений между I и II группами.

* Изменения статистически значимы.

Виды осложнений	I группа (n=27)	II группа (n=27)	p-уровень
механические	4 (14.81 %)	2 (7.41 %)	0,390910
инфекционные	2 (7.41 %)	0 (0%)	0,153366
неврологические	2 (7.41 %)	5 (18.52 %)	0,228553
тромбоэмболические	5 (18.52 %)	3 (11.11 %)	0,447851
прочие	5 (18.52 %)	7 (25.93 %)	0,516621

количество пациентов с осложнениями	17 (62.96 %)	15 (55.56 %)	0,583171

Число реопераций в I группе составило 5 (18.52%) случаев, которые были обусловлены у 2-х (7,41%) пациентов инфекцией области хирургического вмешательства, у 3-х (11,11%) – миграцией вентрально межтеловых кейджей. Во II группе было 3 (11.11%) реоперации: в 1-ом (3,70%) случаев - эвентрация петель тонкого кишечника, в 2-х (7.41%) – миграция вентрально межтелового имплантата. При межгрупповом сравнении достоверных различий по признаку реоперация, обусловленная осложнением, не выявлено ($p=0,447851$).

Во II группе у 3-х (11,11%) пациентов возникли осложнения, которые отсрочили проведение последующих этапов операции: у 2-х (7,41%) возникла ТЭЛА, у 1-го (3,70%) – тромбоз левой подвздошной вены, ввиду чего второй этап операции был проведен через 3 мес.

Распределение пациентов в группах по индексу коморбидности Чарлсон было следующим: низкий индекс - 8 (29.63%) человек в I группе против 1 (3,70%) во II группе ($p=0,011333$), умеренный - 12 (44.44 %) против 20 (74.07%) соответственно ($p=0,028162$), высокий - 7 (25.93 %) против 6 (22.22 %) соответственно ($p=0,516621$). Проведя сравнительный анализ осложнений в зависимости от степени коморбидности по Чарлсон определено, что у пациентов с высоким индексом в группе одномоментного лечения частота осложнений составила 100% (по 1 осложнению у каждого из 7 пациентов), в группе многомоментного лечения – 40% ($p=0,023471$). По данным корреляционного анализа отмечено, что у пациентов группы одномоментного лечения имелаась значимая связь между высоким индексом коморбидности по Чарлсон и общим количеством осложнений (таб 65). Согласно Mirza S.K. значение индекса хирургической инвазивности градируется от 0 и выше с шагом 5. У пациентов настоящего исследования он находился в пределах от 11 до 22 баллов. В I и II группе в ранже «11-15» баллов - 20 (74.07 %) пациентов и 5 (18.52 %) ($p=0,000050^*$) соответственно, «16-20» баллов - 6 (22.22 %) и 15 (55.56 %) ($p=0,012813^*$) соответственно, «21-25» баллов - 1 (3.70 %) и 7 (25.93

%) ($p=0,022786^*$) соответственно. Провести сравнительный межгрупповой анализ зависимость частоты осложнений от ранжа индекса инвазивности не представляется возможным ввиду малого количества и несопоставимости в группах статистического материала. Однако, данная зависимость в пределах одной группы была выявлена при одномоментном подходе к лечению.

Таб 65. Корреляционный зависимость общего количества осложнений от индекса коморбидности Чарлсон и индекса инвазивности Mirza в группах

** Изменения статистически значимы. ИИ – индекс инвазивности, ИЧ – индекса коморбидности Чарлсон*

Параметры	Общее количество осложнений	
	I группа (n=17 (62.96 %))	II группа (n=15 (55.56 %))
ИИ 11-15 баллов	0,421332* (15 (55.56 %))	0,234521 (4 (14.81 %))
ИИ 16-20 баллов	-0,327968* (2 (7.41 %))	-0,200000 (7 (25.93 %))
ИИ 21-25 баллов	-0,255704 (0 (0.00 %))	0,018898 (4 (14.81 %))
ИЧ низкий	-0,174185 (4 (14.81 %))	0,175412 (1 (3.70 %))
ИЧ умеренный	-0,240098 (6 (22.22 %))	-0,018898 (11 (40.74 %))
ИЧ высокий	0,453743* (7 (25.93 %))	-0,149241 (3 (7.41 %))

Таким образом, одно- и многомоментный подход при коррекции нарушений сагиттального баланса сопоставимы по клинико-рентгенологическим результатам в раннем послеоперационном периоде, общему количеству периоперационных осложнений. При многомоментном варианте лечения значимо выше суммарная продолжительность хирургического вмешательства, интраоперационный объем кровопотери. При высоком индексе коморбидности Чарлсон и высоком индексе хирургической инвазивности по Mirza предпочтительным является многомоментный подход к лечению пациентов с сагиттальным дисбалансом.

7.4 Анализ результатов тактических хирургических подходов, включенных в оригинальную рабочую классификацию, при лечении пациентов с сагиттальным дисбалансом после предшествующих оперативных вмешательств с использованием металлофиксации.

Настоящий раздел работы направлен на анализ клиническо-рентгенологических результатов корригирующего спондилодеза на поясничном отделе позвоночника при лечении пациентов с нарушением сагиттального баланса, после предшествующих вмешательств с инструментализацией по поводу дегенеративной патологии поясничного отдела позвоночника. Лечебно-диагностические подходы при хирургических вмешательствах данного рода пациентов использовались согласно разработанной нами классификации.

Проанализированы данные 18 пациентов с 3 и 4 типами поражений (пациенты из исследования №5). Во всех случаях ранее проводилось хирургическое вмешательство на поясничном отделе позвоночника с применением задней винтовой фиксации и (или) межтеловым спондилодезом только из дорзального доступа. Показаниями к настоящему хирургическому вмешательству явились рецидив, либо продолженный вертеброгенный болевой синдром в сочетании или без с синдромом компрессии и (или) неврологическим дефицитом, синдром нейрогенной перемежающейся хромоты, резистентных к консервативной терапии. Причинами клинических проявлений являлись:

1) на уровне предыдущего хирургического вмешательства: псевдоартроз; проседание межтелового имплантата(-ов), перелома элементов металлоконструкции (транспедикулярный винт, стержень) с потерей сегментарной коррекции;

2) на смежных с ранее оперированным уровнем: дегенеративный стеноз позвоночного канала и (или) сегментарная нестабильность в сочетании или без дегенеративного спондилолистеза.

Целью хирургического вмешательства было гармоничное восстановление поясничного лордоза и ликвидация морфологического субстрата клинических проявлений на ранее оперированном и (или) смежном с ним уровне (-ях). Это достигалось посредством вентрального корригирующего межтелового спондилодеза гиперлордотическими кейджами на L4-L5 и (или) L5-S1 уровнях. Использовались кейджи из PEEK материала с лордотическим углом 15° и 18°. В ряде случаев хирургическая тактика предполагала продление винтовой и межтеловой фиксации на L2-L3, L3-L4 уровни в случае их клинической значимости и (или) необходимости дополнительной коррекции. При этом был использован прямой боковой или трансфораминальный межтеловой спондилодез (банановидным кейджем). На уровнях, где проводился спондилодез, обязательно выполнялась остеотомия SRS-Schwab 1 или 2 типа. Декомпрессия выполнялась на клинически значимых уровнях. При несостоятельности спондилодеза на ранее оперированных уровнях, проводился демонтаж металлоконструкции и удаление межтеловых имплантатов, с заменой на иные, способствующие достижению основной цели хирургического вмешательства. Данный подход в классическом исполнении требует проведения 3-х этапного хирургического вмешательства – дорзальный-вентральный-дорзальный. С целью уменьшения количества этапов, а, следовательно, и уменьшения длительности операции, исключение хирургических рисков, связанных с вентральным доступом, но при сохранении возможности осуществлять сегментарную коррекцию до 20°, нами был разработан «Способ ревизионного корригирующего спондилодеза на поясничном отделе позвоночника» (патент на изобретение RU №2785750).

Операция проводилась в одну хирургическую сессию или разделена на несколько этапов с периодичностью 5 дней и более с целью снижения риска периоперационных осложнений за счет минимизации разовой хирургической травмы у соматически отягощенных пациентов.

Срок наблюдения составил до 19 мес. Проведен анализ демографических, клинических, хирургических и радиологических параметров.

Оцениваемые рентгенологические параметры сагиттального баланса: PI, PT, SVA, LL, LDI, PI-LL, тип Roussouly, GAP (Global Alignment and Proportion).

Так же проведена оценка сегментарного лордоза на уровне выполнения ALIF гиперлордотическими кейджами с целью определения зависимости их угла и окончательного сформированного угла в сегменте.

Исследуемая группа пациентов состояла из 3 (16.7%) мужчин и 15 (83.3%) женщин. Возраст пациентов – $64.9 \pm 5,02$ года. Послеоперационный койко-день – $18,8 \pm 6,91$ дней.

Виды предшествующих хирургических вмешательств: TLIF и ТПФ на уровне L4-L5 в 9 случаях; TLIF и ТПФ на уровне L5-S1 в 3 случаях, PLIF и ТПФ на уровне L4-L5 в 2 случаях; PLIF и ТПФ на уровне L5-S1 в 1 случае; ТПФ и задний спондилодез аутокостью на уровне L4-L5 в 1 случае; ТПФ и задний спондилодез аутокостью на уровне L5-S1 в 1 случае; PLIF без ТПФ на уровне L4-L5 в 1 случае. В 7 (38,9%) случаях хирургическая проблема возникла на ранее оперированном уровне, в 11 (61,1%) случаях на смежных уровнях.

В 10 (55.6%) случаях лечение выполнено в одну хирургическую сессию, в 8 (44.4%) – в две или три. В среднем интервал между этапами операции составил $7,1 \pm 3,31$ дней. Однако, ввиду развития ТЭЛА и тромбоза левой подвздошной вены у 2-х пациентов, период между первым и вторым этапами увеличился до 3 мес. Эти пациенты не включались в расчет среднего интервала. Распределение по количеству уровней транспедикулярной фиксации и видам межтелового спондилодеза представлено в таб 66.

Таб 66. Количество уровней и вид металлофиксации.

Пара метры	ТПФ			ALIF		DLIF/TLIF		
	2 уровня	3 уровня	4 уровня	1 уровень	2 уровня	Не было	1 уровень	2 уровня
	11 (61.1%)	6 (33.3%)	1 (5.6%)	9 (50.0%)	9 (50.0%)	8 (44.4%)	8 (44.4%)	2 (11.1%)

Продолжительность хирургического вмешательства составила $357,2 \pm 98,85$ минут. Средняя кровопотеря – $758,3 \pm 408,46$ мл. Гемотрансфузия потребовалась 2 (11,1%) пациентам.

Клинические данные значительно улучшились после операции, и эта тенденция сохранялась минимум на протяжении 12 мес (таб 67). ODI после операции не анализировали, т.к. в период выписки у пациента имеется потребность в обезболивающей терапии обусловленной хирургической травмой.

Таб 67. Результаты анализа клинических данных в периоды наблюдения.
«*» Изменения статистически значимы.

Параметры	До операции	После операции	Р-уровень	Через 12 мес	Р-уровень
VAS спина	6.4 ± 0.9	3.0 ± 0.8	0,000196*	3.2 ± 1.2	0,000293*
VAS нога	4.8 ± 1.3	0.5 ± 0.6	0,000196*	0.9 ± 0.8	0,000196*
ODI	59.6 ± 5.9	-	-	39.9 ± 7.7	0,000196*

При оценке рентгенологических параметров сагиттального баланса позвоночника выявлено значимое улучшение их показателей на момент выписки и в завершающий контрольный осмотр (таб 68). Ни у одного пациента не выявлен I и II тип по Roussouly, в 10 (55.6%) случаях определен III тип и 8 (44.4%) человек имели IV тип. Тип Roussouly восстановлен до идеального в 11 (61.1%) случаях, гипокорригированный - в 3 (16.7%), гиперкорригированный в 4 (22.2%).

*Таб 68. Анализ изменений параметров сагиттального баланса.
«*» Изменения статистически значимы.*

Параметры	До операции, баллы	После операции, баллы	p-уровень	Через 12 мес, баллы	p-уровень
PI	60.5±10.1	-	-	-	-
PT, градусы	23,9±7.2	16.8±3.3	0,000196*	19.1±3.8	0,000438*
SVA, см	5.1±1.9	1.9±2.4	0,000196*	3.4±2.1	0,001177*
LL, градусы	48.1±13.6	59.8±11.9	0,000196*	56.9±11.6	0,000276*
LDI, %	40.1±16.9	62.3±12.2	0,000233*	58.8±10.3	0,000386*
PI-LL, градусы	12.4±11.0	0.7±10.3	0,000196*	2.8±9.7	0,000276*
GAP, баллы:			0,002218*		0,001496*
0–2	0 (0%)	11 (61.1%)	0.00005*	10 (55.6%)	0.00034*
3–6	14 (77.8 %)	7 (38.9 %)	0.02342*	8 (44.4%)	0.05053
>7	4 (22.2 %)	0 (0%)	0.05195	0 (0%)	0.05195

Проведена оценка зависимости итогового угла сегментарного лордоза (SL) от угла гиперлордотического кейджа, установленного из вентрального доступа (таб 69). Сегментарный лордоз после операции на уровне L4-L5 составил 66% и 63% от 15-ти и 18-ти градусного угла кейджа соответственно; на уровне L5-S1 - 59% и 67% соответственно. Отмечено уменьшение угла сегментарного лордоза на момент конечного контрольного визита.

Таб 69. Зависимость итогового сегментарного угла от угла кейджа.

«*» Изменения статистически значимы.

	уровень L4-L5		уровень L5-S1	
	угол кейджа 15°	угол кейджа 18°	угол кейджа 15°	угол кейджа 18°
SL после операции, градусы	9.9±2.0	11.3±1.9	8.8±0.9	12.0±1.7
SL через 12 мес., градусы	8.7±2.0	9.3±1.8	7.8±0.9	10.6±1.9
p-уровень	0,011719*	0,027709*	0,108810	0,027709*

Распределение видов осложнений представлено в таб 70. Пери- и послеоперационные осложнения отмечены у 12 (66.7%) пациентов. В 4 (22,2%) случаях выполнено повторное хирургическое вмешательство, обусловленное развитием осложнений: 1 (5,6%) - миграция имплантат, 1 (5,6%) – инфекция в области дорзального доступа, 1 (5,56%) – перелом стержня, 1 (5,6%) - эвентрация петель тонкого кишечника.

Таб 70. Виды осложнений у исследуемой когорты пациентов

Виды осложнений	N (%)
Механические	2 (11.1 %)
Инфекционные	1 (5.6 %)
неврологические	3 (16.7 %)
Тромбозмбозмболические	4 (22.2 %)
Прочие	7 (38.9 %)
Количество пациентов с осложнениями	12 (66.7 %)

Клинический пример.

Пациентка Т. 55 лет оперирована в 26.09.2017 по поводу болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника, синдрома нейрогенной перемежающейся хромоты, обусловленных дегенеративным спондилолистезом L4 I ст., дегенеративным стенозом на уровне L4-L5. Объем хирургического

вмешательства – декомпрессия, транспедикулярная и межтеловая (TLIF) фиксация на уровне L4-L5. До операции у пациентки имелись следующие параметры сагиттального баланса (рис. 83 а): $PI - 64^\circ$, $PI-LL - 14^\circ$, $PT - 19^\circ$, $SVA - 5,9\text{ см}$, $LDI - 30\%$, $GAP - 4\text{ балла}$. Таким образом, у пациента исходно помимо компрессии интраканальных сосудисто-нервных образований имелось нарушение параметров сагиттального баланса и позвоночно-тазовых взаимоотношений. После операции у пациентки регрессировали явления нейрогенной перемежающейся хромоты, снижение болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника на момент выписки ($VAS - 4\text{ балла}$, эти данные могли не отражать истинных значений болевого синдрома ввиду приема обезболивающих препаратов в этот период). Через 6 мес. после операции отмечено нарастание болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника, резистентного к консервативной терапии. Пациент вновь обследовалась (MPT, MCKT), данных за компрессию интраканальных сосудисто-нервных образований нет, признаков нарушения целостности металлоконструкции, псевдоартроза нет. Параметры сагиттального баланса были следующие (рис 83b): $PI - 64^\circ$, $PI-LL - 10^\circ$, $PT - 19^\circ$, $SVA - 4,4\text{ см}$, $LDI - 31\%$, $GAP - 4\text{ балла}$. Таким образом, у пациента отмечалась значимая нехватка нижне-поясничного лордоза (LDI должен составлять 50-80%). Пациентка поступила в отделение нейрохирургии №2 ФГБУ НИИТО им. Я.Л. Цивьяна 06.09.2019 с жалобами на боли в поясничном отделе позвоночника из-за чего не могла пройти более 300 метров без остановки, ежедневно принимала обезболивающие до 2 раз/сутки. Клинические параметры – VAS спина – 7 баллов, VAS нога – 1 балл, $ODI - 64\%$. Учитывая клинические данные и данные дополнительных методов обследования пациенту проведено повторное хирургическое вмешательство, целью которого было восстановление оптимальных значений нижне-поясничного лордоза. Это было достигнуто посредством 3-х этапного хирургического вмешательства: 1-й этап – демонтаж транспедикулярной конструкции (удаление стрижней) на уровне L4-L5, дополнительная установка винтов в тело S1 позвонка, остеотомия по Schwab 2

тип на уровнях L4-L5, L5-S1; 2-й этап – удаление кейджа на уровне L4-L5 и выполнение вентрального спондилодеза гиперлордотическими кейджами на уровнях L4-L5, L5-S1; 3-й этап – монтаж транспедикулярной конструкции с контракцией на головки винтов. После операции достигнуты следующие целевые показатели сагиттального позвоночно-тазового и глобального баланса (рис. 83с): PI - 64°, PI-LL – «-2°», PT - 20°, SVA – «-1,6» см, LDI – 62%, GAP – 0 баллов. На момент выписки клинические данные составили: VAS спина – 4 балла, VAS нога – 0 баллов. На контрольном визите (через 13 мес.): клинические данные - VAS спина – 2 балла, VAS нога – 0 балл, ODI – 22%; данные рентгенографии (рис. 83d) - PI - 64°, PI-LL – 1°, PT - 21°, SVA – «-0,9» см, LDI – 59%, GAP – 0 баллов.

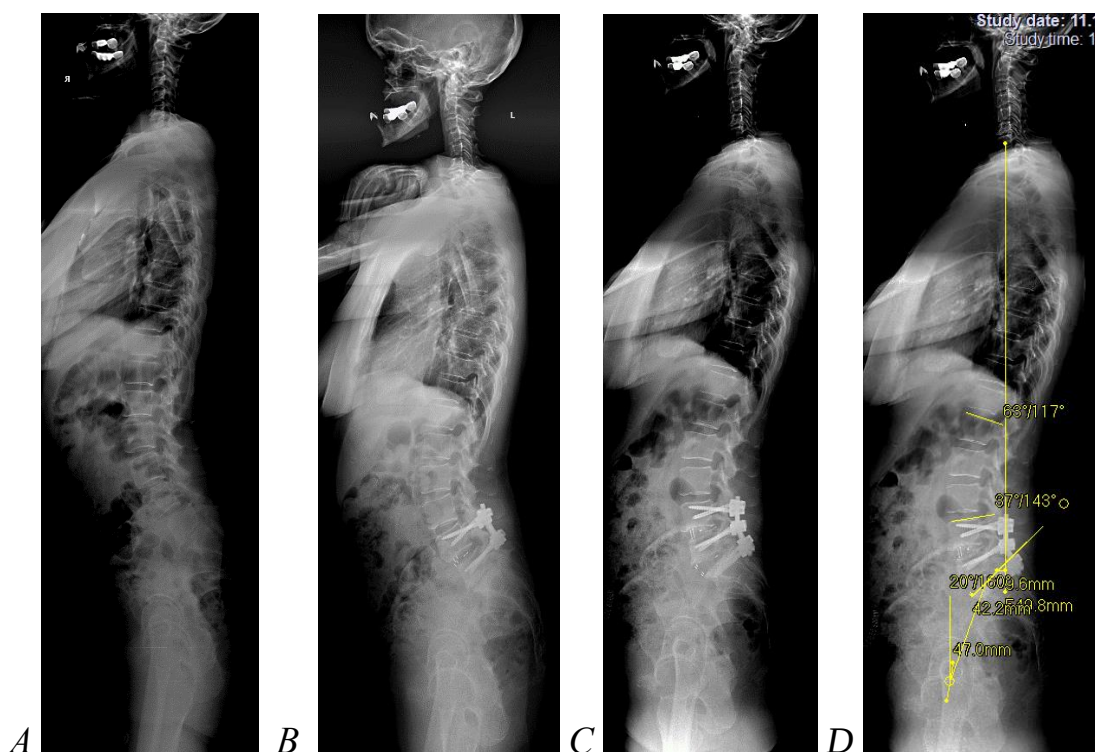


Рис.83. Пациентка Т. 55 лет.. Рентгенограммы в степ-режиме в боковой проекции: а – до первой операции, b – перед второй операцией, с – после второй операции, d – после второй операции через 1 год.

Таким образом, принципы, заложенные в разработанную лечебно-диагностическую классификацию, при многоэтапном хирургическом лечении, направленном на коррекцию остаточного и усугубившегося сагиттального

дисбаланса, с обязательным проведением вентрального корригирующего межтелового спондилодеза после инструментального исправления дегенеративной деформации позвоночника из дорзального доступа позволяют значительно улучшить радиологические (позвоночно-тазовые, глобального баланса) и клинические (VAS, ODI) параметры, а так же восстановить гармоничный сагиттальный профиль в 61.1% случаев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дегенеративно-дистрофические поражения, особенно поясничного отдела позвоночника, занимают ведущее место в современной вертеб্রологии, а актуальность проблемы хирургического лечения пациентов до настоящего времени не теряет своих позиций. Накопленный научно-практический багаж знаний в совокупности с прогрессивными технологиями в области визуализации, навигации и усовершенствованными и разработанными новыми хирургическими методами позволяет эффективно оказывать хирургическую помощь не только пациентам трудоспособного, но и пожилого и старческого возраста. Все это приводит к экспансивному росту хирургической вертеб্রологической помощи, что не может не сказаться на росте абсолютного числа ее неудовлетворительных исходов. За последние две декады как в отечественной, так и зарубежной литературе представляются и изучаются огромные массивы данных, поэтому актуальными являются аспекты обобщения и систематизации этих данных, особенно по дискуссионным направлениям проблемы.

Грыжи поясничных межпозвонковых дисков являются значимой медико-социальной проблемой, т.к. их основная доля регистрируется у наиболее активной категории пациентов от 30 до 50 лет. Несмотря на внедрение в клиническую практику эндоскопических и перкутанных методик микрохирургическая дискэктомия остается «золотым стандартом» при лечении пациентов с грыжами межпозвонковых дисков. Однако, результаты упомянутых методик сопоставимы. Наряду с другими возможными неблагоприятными результатами, рецидивы грыж является наиболее значимой проблемой. Все это в свою очередь диктует необходимость в уточнении хирургических подходов с возможным применением технологий, направленных на предотвращение клинически значимых рецидивов грыж, при оказании хирургической помощи пациентам.

Не менее значимыми вызовами в хирургической вертебрологии являются другие нозологические формы дегенеративно-дистрофических поражений поясничного отдела позвоночника. К ним относятся дегенеративный стеноз позвоночного канала, сегментарная нестабильность, дегенеративные деформации поясничного отдела позвоночника. Многообразие классификационных систем, хирургических технологий, неполная ясность клинико-рентгенологической сопоставимости вносят значимые сложности в качественный анализ результатов лечения пациентов и разработку усовершенствованных системных подходов. С указанными нозологическими формами к хирургу-вертебрологу чаще обращаются пациенты пожилого и старческого возраста, у которых доля сопутствующей соматической патологии значительно выше, чем у лиц молодого и среднего возраста. Широкое неперсонифицированное распространенное применения как традиционных, так и миниинвазивных декомпрессивных, стабилизирующих и корригирующих вмешательств вносит значимый вклад в рост абсолютного числа рецидивов болевого синдрома и количества реоперации. Несмотря на значимый прогресс в области хирургических технологий и их доступность, на сегодняшний день не существуют высокодоказательных исследований, показывающих убедительное превосходство традиционных или миниинвазивных методик по отношению к риску и эффективности от их проведения. Не определены четкие рекомендации и ограничения, которые могли бы регламентировать выбор тактики принятия решений. Все это диктует необходимость оптимизации именно хирургических тактик, а не технологий с целью минимизации ятрогенной агрессии при максимальном сохранении радикальности вмешательства.

Таким образом, распространенность, медицинская, социальная и экономическая значимость дегенеративно-дистрофических поражений поясничного отдела позвоночника диктует необходимость разработки системных подходов, основанных на прогнозировании, классифицировании и тактических лечебно-диагностических алгоритмах, направленных на улучшение результатов хирургической помощи. Представленные аргументы

явились основанием для определения цели исследования - разработать, научно обосновать и внедрить в клиническую практику способы хирургической профилактики рецидива болевого синдрома и реопераций у пациентов с дегенеративно-дистрофическими поражениями пояснично-крестцового отдела позвоночника путем создания систем прогнозирования и усовершенствования тактических лечебно-диагностических подходов. Для решения поставленной цели были разработаны 9 задач. Работа состояла из 5 этапов, включающих ряд сплошных, обсервационных, когортных проспективных исследований, позволивших достигнуть реализации ее цели.

Объектом исследования стали клинико-рентгенологические данные 1482 пациентов, оперированных по поводу дегенеративно-дистрофических поражений поясничного отдела позвоночника: межпозвонковые грыжи, дегенеративный стеноз и дегенеративные деформации поясничного отдела позвоночника.

Первый этап настоящей работы состоял из проспективного сплошного исследования результатов хирургического лечения пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков (n=514) с историческим когортным контролем (n=350). Оно было направлено на решение задачи №1.

Ретроспективную группу (I группа, n=350) составили данные результатов микродискэктомии на уровне L4-L5 или L5-S1, проведенной в период с 2008 по 2012 года. В группе выделено 2 подгруппы: Ia группа – 300 пациентов, у которых не выявлено рецидива грыжи межпозвонковых дисков в течении 3 лет после операции; Ib группа – 50 пациентов, у которых выявлен рецидив грыжи в течении 3 лет после операции, потребовавший повторного хирургического вмешательства. У пациентов были анализированы дооперационные клинические и демографические (пол, возраст, ИМТ, курение, VAS спина и нога, ODI) и радиологические данные (объем движения в пораженном ПДС, индекс высоты диска, поясничный лордоз, ретролистез, дегенерация межпозвонкового диска по Pfirrmann, субхондральный склероз и дегенерации суставного хряща по шкале Grogan, изменения замыкательных пластинок и

красного костного мозга (Modic), тип межпозвонковых грыж). Выполнено определение факторов, которые коррелировали с рецидивом поясничных межпозвонковых грыж. Значимую связь с ним имели высота межпозвонкового диска ($r=0,67$), мобильность ПДС ($r=0,39$), поясничный лордоз ($r=-0,52$), тип межпозвонковых грыж ($r=0,31$), изменения Modic I ($r=0,44$) и стадия дегенерации межпозвонкового диска по Pfirrmann ($r=0,49$). Для оценки влияния большого количества переменных был использован многофакторный регрессионный анализ, по данным которого были определены три фактора и одна их комбинация, которые имеют значимую связь с рецидивом грыж: индекс высоты межпозвонкового диска, объем движения в сегменте, поясничный лордоз и комбинация III стадии дегенерации межпозвонкового диска по классификации Pfirrmann с Modic I. Это позволило создать модель логистической регрессии прогноза рецидива поясничных межпозвонковых грыж, которая имела коэффициент детерминации $R^2=0,93$, что указывает 93% точность предсказания. На основе данной модели был создан калькулятор, позволяющий определять вероятность рецидива по введенным значениям параметров. Опираясь на эти данные был разработан алгоритм предоперационного планирования хирургического лечения пациентов с поясничными межпозвонковыми грыжами, основанный на выявлении факторов риска их рецидива, позволяющий дифференцированно применять декомпрессивные или декомпрессивно-стабилизирующие вмешательства.

Проспективная группа (II группа, $n=514$), на которой была проведена оценка клинической эффективности разработанной модели логистической регрессии состояла из 2 подгрупп в зависимости от риска рецидива: IIa группа – 497 пациентов, имеющие риск рецидива менее 50%, им проводилась микродискэктомия; IIb группа – 17 пациентов, с риском рецидива более 50%, им проводился спондилодез (TLIF или PLIF в сочетании с транспедикулярной фиксацией). Катамнез пациентов был прослежен на протяжении 3 лет после хирургического вмешательства. Был проведен анализ дооперационных клиничко-радиологических параметров данной группы и оценены исходы

примененной тактики лечения, согласно разработанному алгоритму, с определением частоты реоперации.

Результаты хирургического лечения пациентов обеих групп были сравнены. Основным показателем для оценки разработанной стратегии была частота реоперации. Для устранения возможного влияния выявленных неоднородностей на количество реопераций в группах был применен метод PSM (метод “ближайшего соседа” с калибром равным 0.1 и соотношением групп 1:1), который вывел из рассмотрения в группах пациентов, несоответствующих по совокупности значимо различающихся предоперационных показателей. До применения метода PSM для достижения сопоставимости групп частота реоперации в I группе составила 14% [11%;18%] против 2% [1%;4%]. Поскольку группы значимо отличались по ряду предоперационных показателей, то полученные данные могли быть ложноположительными. Применяв метод PSM была исключена данная возможная системная ошибка. Но, и в этом случае доля реопераций в группах статистически значимо различалась 35% [22%;51%] и 5% [1%;18%], соответственно. Также использование новой тактики лечения позволило уменьшить риск реоперации на 13% [3%; 58%] ($p=0,002$).

Второй этап работы включал проспективное обсервационное исследование ($n=133$) результатов микродискэтомии с пластикой дефекта фиброзного кольца при грыжах поясничных межпозвонковых дисков и сравнительный анализ с когортой 1 этапа ($n=350$). Его результаты позволили решить задачи №2 и №3. Показанием к хирургическому лечению был корешковый болевой синдром с или без неврологического дефицита. Морфологическим субстратом компрессии были грыжи нижне-поясничных межпозвонковых дисков. Микродискэктомия дополнялась пластикой дефекта фиброзного кольца имплантатом). Период выполнения исследования 2012-2016 года. Оценивали клинико-радиологические данные пациентов до операции, через 3, 6 и 12 месяцев.

В период наблюдения (3, 6 и 12 месяцев) после оперативного вмешательства отмечено достоверное снижение болевого синдрома в области хирургического вмешательства и нижних конечностях ($p < 0,0001$), а так же повышения качества жизни по ODI ($p < 0,0001$). По данным анализа радиологических параметров можно отмечено прогрессирование дегенерации межпозвонкового диска, дегенерации и субхондрального склероза по Grogan и значимое снижением ИВД. При этом отмечено увеличение поясничного лордоза. За период 12 месяцев наблюдения частота клинически значимых рецидивов грыжи составила 1,5% (2/133 пациента). Еще у двух пациентов (1,5%) отмечен рецидив болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника, обусловленный очаговой резорбцией кости вокруг имплантата и сегментарной нестабильностью. В 6 случаях пациенты (4,5%) пациенты жаловались на постоянную боль в поясничном отделе позвоночника, обусловленного проявлением спондилоартроза.

По результатам анализа данных исследования оцениваемой когорты пациентов определены факторы и предикторы лучших и худших клинических исходов микродискэктомии в сочетании с пластикой дефекта фиброзного кольца. Для этого пациенты были разделены на две группы в зависимости от достижения успешности результата, которым считался в каждый момент времени наблюдения, если по VAS в спине отмечено уменьшение интенсивности боли $\geq 24\%$ в сравнении с дооперационными данными, по VAS в ноге $\geq 39\%$ и ODI $\geq 33\%$. Проведен сравнительный анализ демографических и клинико-радиологических показателей между этими группами. По данным логистической регрессии, следующие факторы были статистически значимыми предикторами успеха лечения: пол (мужской) (CR - 5.690, $P=0.001$), ИМТ (CR - 0.885, $P=0.018$), интенсивность предоперационных болей (CR - 1.926, $P<0.001$), показатель инвалидности (CR - 1.061, $P=0.006$) и отсутствие послеоперационные осложнения (CR - 0.072, $P=0.025$).

Так на когорте данных пациентов оценены результаты микродискэктомии с пластикой дефекта фиброзного кольца у пациентов, имеющих риск рецидива грыж поясничных межпозвонковых дисков более 50% согласно многофакторной модели логистической регрессии прогноза (из исследования №1). Целью этого анализа было определить на как использование технологии пластики дефекта фиброзного кольца влияет на исход микродискэктомии при высоком риске рецидива грыж. Критериям включения соответствовали 42 пациента из 133. Показатели VAS в спине и ноге и ODI значительно улучшились в периоды наблюдения (3, 6, 12 месяцев). Высота межпозвонкового диска и объем движения в сегменте значительно не изменились. Так же имелось прогрессирование дегенерации межпозвонкового диска, дегенерации и субхондрального склероза дугоотростчатых суставов по Grogan, увеличение числа пациентов с изменениями Modic I и уменьшение с Modic 0, но при этом данные не имели статистической значимости. Однако, отмечено значимое увеличение поясничного лордоза ($p=0,0004$). В течении 12 месяцев в одном случае (2,4%) проведено ревизионное вмешательство, обусловленное клинически значимой грыжей с контрлатеральной стороны на ранее оперированном уровне, и в 2 случаях пациенты (4,8%) жаловались на постоянную боль в поясничном отделе позвоночника, обусловленную спондилоартрозом.

Используя метод PSM было проведено сравнение результатов микродискэктомии с пластикой дефекта фиброзного кольца ($n=133$) и без нее ($n=350$, пациенты из исследования №1). После сопоставления клинικο-радиологических параметров обеих групп данных статистическим методом, выявлено значимо меньшее количество реоперации в течении 12 мес после микродискэктомии у пациентов с применением аннулопластики ($p=0.008$).

Таким образом, обоснованное (III стадия дегенерация МПД по Pfirrmann, высота дорзальной части МПД более 5 мм по данным МСКТ, отсутствие остеофитов тел смежных позвонков в дорзальной части и оссификации задней

продольной связки, дегенеративного спондилолистеза, сегментарной нестабильности) применение технологии пластики дефекта фиброного кольца позволяет значительно снизить частоту реоперации после микродискэктомии у пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков.

Третий и четвертый этапы. Данные этапы работы позволили решить задачи №4 и №5. Для этого проведено 2 проспективных исследования:

- Первое. Сплошное исследование результатов хирургического лечения пациентов с моносегментарным дегенеративным спондилолистезом поясничного отдела позвоночника согласно лечебно-диагностическому алгоритму классификации Gille. Анализированы данные 128 пациентов, оперированные в период с 2015 по 2017 года, срок наблюдения - 12-16 мес с момента операции.

- Второе. Проспективное когортное исследование результатов хирургического лечения пациентов с дегенеративным спондилолистезом поясничного отдела позвоночника согласно лечебно-диагностическому алгоритму разработанной классификации со сравнительным анализом когорты предыдущего исследования (n=128). Клинический материал - данные 102 пациента, оперированные в период с 2018 по 2019 года. Период наблюдения составил 12 мес. с момента операции.

Для проведения данного исследования была разработана лечебно-диагностическая классификационная система, основанная на определении биомеханических типов поясничного отдела и всего позвоночника, критериями которых являлась степень отклонения валидизированных параметров сагиттального профиля позвоночника от идеальных индивидуальных значений. Согласно предложенной классификации выделено 4 типа изменений: гармоничный, сегментарный дисбаланс, регионарный дисбаланс и глобальный дисбаланс. При каждом биомеханическом типе хирургическая тактика проводится в соответствии с превалирующим клиническим синдромом: компрессии, нестабильности (или аксиальных болей), либо их комбинации. При

необходимости проведения стабилизации и коррекции основополагающим моментом является восстановление сагиттальных сегментарных, регионарных и глобальных параметров согласно рассчитанным целевым показателям. На основе данной классификации был разработан лечебно-диагностический алгоритм тактики принятия решений. Была проведена мультицентровая внутри- и межэкспертной воспроизводимости классификация: ФГАУ НМИЦ нейрохирургии им. академика Н.Н. Бурденко, ФГБУ Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования (г. Баранул), ФГБУ Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования (г. Чебоксары), НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова Минздрава РФ, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н. Н. Приорова» Минздрава РФ, ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России (нейрохирург, опыт >10 лет), Клинический медицинский центр НОИ им. Н. А. Семашко.

Валидация проведена на клиническом материале 20 пациентов с дегенеративным спондилолистезом L4. По результатам расчета каппах Кохена отмечена отличная воспроизводимость (0.81-1.00), каппа Флейса существенная воспроизводимость (0.61-0.80). Опыт хирурга и хирургическая специальность значимо не влияли на воспроизводимости классификации.

Целью данных исследований было выявление преимуществ, разработанной лечебно-диагностической классификации в сравнении с системой Gille, на гомогенной по нозологии когорте пациентов с дегенеративным спондилолистезом на поясничном отделе позвоночника. Для выявления преимуществ были сравнены следующие характеристики: время хирургического вмешательства, объем кровопотери, количество спондилодезированных позвонков, VAS спина и нога, ODI, осложнения, реоперации.

Для сравнительного анализа пациенты были разделены на 2 группы: I группа (n=128) с моносегментарным дегенеративным спондилолистезом, классифицированных по системе Gille, и II группа (n=102) с аналогичной

дегенеративно-дистрофической патологией, классифицированных по разработанной нами системе.

Оценка дооперационных клинических и демографических параметров (пол, возраст, ИМТ, VAS в спине и ноге, ODI) не выявила значимых различий ($p>0.05$). Дооперационные радиологические параметры, которые используются в обеих классификация для оценки сагиттального профиля позвоночника: baseline PI, LL и SL были сопоставимы ($p>0.05$), а PT в I группе был значимо больше, чем во второй ($p=0.0180$).

В I группе необходимость применения спондилодеза возникла у 106 (82,8%) пациентов, во II группе – у 77 (75,5%), что не имело статистической разницы при межгрупповом сравнении ($p=0.1793$). А количество спондилодезированных ПДС во II группе было значительно меньше, чем в I группе ($p=0.0322$).

Длительность хирургического вмешательства (суммарная, если проводилась операция в несколько хирургических сессий) во II группе была значимо меньше, чем в I группе ($p=0.0134$). Интраоперационная кровопотеря во II группе так же была достоверно меньше, чем в I группе ($p=0.0028$), тоже отмечено при оценке продолжительности послеоперационной госпитализации так же во II группе была короче, чем в I группе ($p=0.0101$).

Анализ послеоперационных клинических показателей выявил, что интенсивность болевого синдрома в спине и показатели ODI были значимо ниже во II группе через 12 мес. ($p<0,01$). Также выявлено, что число пациентов, преодолевших пороговое значения MCID для ODI, во II группе было больше, чем в I группе - 93,1% против 85,2% ($p=0.0491$). При этом значимой разницы по частоте реопераций и осложнений между группами не выявлено ($p=0.1847$ и $p=0.0666$, соответственно).

Пятый этап настоящей работы направлен для решения задач №6 и №7, целью которых была оценка клинической и радиологической эффективности

предложенной классификации не только при моносегментарном спондилолистезе, но и при иных нозологических формах как моно-, так и полисегментарных дегенеративных поражений поясничного отдела позвоночника (дегенеративный стеноз, дегенеративный сколиоз «De novo», сегментарная нестабильность), а также как при первичных, так ревизионных хирургических вмешательствах. Для этого проведено проспективное сплошное исследование пациентов с моно- или полисегментарным дегенеративным стенозом и (или) дегенеративными деформациями поясничного отдела позвоночника. Клиническим материалом для исследования были данные 243 пациента, оперированные в период с 2018 по 2021 года. У 225 пациентов было проведено первичное хирургическое вмешательство, а 18 пациентов имели ранее проведенную интервенцию с применением металлофиксации на одном или двух ПДС. Период наблюдения составил 12-24 мес. с момента операции.

Хирургическая тактика как при первичных, так и при ревизионных вмешательствах основывалась на принципах, включенных в лечебно-диагностический алгоритм предложенной классификации. Согласно разработанной классификации с выделением 4 биомеханических типов поражения поясничного отдела позвоночника пациенты были распределены следующим образом: 1 тип (гармоничный) – 119 (49,0%) пациентов, 2 тип (сегментарный дисбаланс) – 67 (27,6%), 3 тип (регионарный дисбаланс) – 36 (14,8%) и 4 тип (глобальный дисбаланс) – 21 (8,6%).

У пациентов имеющих более тяжелые нарушения сагиттального профиля позвоночника интенсивность болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника была выше ($p < 0.001$). Аналогичная тенденция отмечена и при сравнении значений ODI – пациенты с 4 типом поражения имели статистически более высокие значения данного параметра ($p < 0.05$). Значения параметров LL, SL и LDI при более тяжелых типах биомеханических нарушений были значимо меньше, а показатель компенсации сагиттального дисбаланса PT наоборот выше ($p < 0,05$). При корреляционном анализе выявлено, что тип поражений

имеет значимые связи со следующими радиологическими параметрами: с РТ - $r=0,7052$, с LL - $r=-0,7858$, с LDI - $r=-0,8478$, с SL - $r=-0,8139$, с IB - $r=0,6825$.

У 243 пациентов, включенных в исследование, изолированное декомпрессивное хирургическое вмешательство проведено в 87 (35,8%) случаях, а дополненное стабилизацией в 156 (64,2%) случаях. Интраоперационные характеристики и длительность послеоперационной госпитализации соразмерно тяжести типа биомеханических нарушений, что обусловлено необходимостью применять больший объем вмешательства. Данный факт подтверждается наличием значимой корреляционной связи типа поражения с длительностью операции, объемом кровопотери и послеоперационным койко-днем ($r=0.8648$, $r=0.7347$ и $r=0.7193$, соответственно).

Анализ основных оцениваемых радиологических параметров у пациентов при разных типах поражения. SL при 1 типе поражения значимо не изменился после операции и через 12-24 мес в сравнении с дооперационными показателями ($p=0.0531$ и $p=0.0896$, соответственно). При 2, 3 и 4 типах поражения SL значимо увеличился после операции ($p<0.001$). РТ при 1 и 2 типах поражения значимо не изменился ($p>0.05$), при 3 и 4 типах данный параметр значимо уменьшился после операции. LL при 1 типе поражения значимо не изменился как после операции, так и в течении 12-24 мес ($p>0.05$). При 2, 3 и 4 типах поражения поясничный лордоз значимо увеличился в сравнении с дооперационными данными ($p=0.0432$, $p<0.001$ и $p<0.001$, соответственно). Динамика изменения ниже-поясничного лордоза была аналогична LL, после операции он значимо улучшился у пациентов с 2, 3 и 4 типами поражений ($p<0.001$). В течении периода наблюдения, все радиологические параметры изменились, однако, это не имело значимой разницы ($p>0.05$). IB был «>1» только при 4 типе поражения, что обозначено в разработанной нами классификационной системе. Этот параметр стал «<1» у 13

(61,9%) пациентов после операции, а на момент контрольного осмотра (через 12-24 мес) – у 18 (85,7%) пациентов.

Сформированность искусственного костно-металлического блока была оценена по данным МСКТ в период завершающего контрольного осмотра - через 12-24 мес. Изменения, соответствующие сформированному межтеловому блоку (Таб I-II), выявлены у 140 (89,7%) из 156 пациентов. А несформированный блок (Таб III-IV) – в 16 (10,3%) случаях. Наибольшее частота сформированного блока отмечена при 3 типе поражений, наименьшая – при 4 типе, однако, при сравнительном анализе значимых различий по данному параметру у пациентов с разными типами поражения не выявлено ($p>0.05$).

В послеоперационном периоде VAS в спине значительно уменьшился у пациентов при всех типах поражения ($p<0,001$), при этом его значения при 1, 2 и 3 типах также значительно продолжали снижаться ($p<0,0001$, $p<0,0001$ и $p=0,0018$ соответственно), а при 4 типе болевой синдром снижался в динамике, но это не было статистически значимым ($p=0,2897$). Показатели интенсивности болевого синдрома в ноге после операции значительно уменьшились при всех типах поражения ($p<0,001$) и данный эффект сохранялся на протяжении периода наблюдения. Значения показателя качества жизни (ODI) на период завершающего контрольного осмотра значительно уменьшились в сравнении с дооперационными данными при всех типах поражения ($p<0,001$). В общей когорте пациентов порогового значения MCID по ODI в 14.3 балла преодолели 221 (90,9%) пациент.

При этом частота осложнений, обусловленная хирургическим вмешательством, составила 21,8%, из которых «больших» - 4,1%, при которых проводились повторные хирургические вмешательства.

Частью данного этапа работы также было выявление преимуществ использования и способов осуществления комбинаций хирургических

технологий с обязательным вентральным спондилодезом гиперлордотическими кейджами на ниже-поясничных уровнях для коррекции нарушенных взаимоотношений у пациентов с сагиттальным дисбалансом дегенеративного генеза. Необходимым условием являлось гармоничное восстановление поясничного лордоза, особенно его дистальной части. Для ее выполнения были использованы результаты данных пациентов с 3 и 4 типами поражения из исследования №5. Материалом данного исследования послужили данные пациентов. Выполнен анализ данных 30 пациентов, оперированных в период с 2014 по 2018 года. Пациентам проведен корригирующий спондилодез на поясничном отделе позвоночника. Данный метод заключался в обязательной установке гиперлордотических кейджей (15° и 18°) на L4-L5 и (или) L5-S1 уровнях. В случае необходимости дополнительной коррекции, локализации субстрата клинско-неврологических проявлений, выполнялось продление транспедикулярной и межтеловой фиксации (DLIF или TLIF (банановидным кейджем)) на вышележащие уровни поясничного отдела позвоночника.

Послеоперационная госпитализация составила $19,1 \pm 6,9$ дней в группе комбинированного лечения. Суммарная продолжительность хирургического вмешательства составила $363,0 \pm 95,9$ минут. Средняя кровопотеря - $673,0 \pm 355,8$ мл.

Показатели интенсивности болевого синдрома в спине и нижних конечностях, качества жизни значительно и радиологические данные значительно улучшились ($p > 0,05$). MCID для ODI был достигнут в 26 (86,7%) случаях. Восстановление идеального типа Roussouly отмечено у 18 (60,0%) пациентов, тип ниже идеального - в 6 (20,0%) случаях, выше идеального - в 6 (20,0%) случаях.

Таким образом, корригирующий межтеловой спондилодез на уровнях L4-L5, L5-S1 при многоэтапном хирургическом лечении позволяет у значительного количества пациентов гармонично восстанавливать параметры сагиттального баланса, и достоверно улучшать качество жизни пациентов.

При использовании комбинации хирургических методик с обязательным корригирующий межтеловой спондилодез для лечения пациентов с сагиттальным дисбалансом их использование проводится в несколько этапов, которые могут быть выполнены в одну или несколько хирургических сессий. Преимущества и недостатки одно- и многомоментных подходов при многоэтапных оперативных вмешательствах были определены по результатам хирургического лечения 54 пациентов (с 3 и 4 типами поражения из исследования этапа №5). Анализ данных указывал на то, что эти два подхода при коррекции нарушений сагиттального баланса сопоставимы по клинико-рентгенологическим результатам в раннем послеоперационном периоде, общему количеству периоперационных осложнений. Однако, при высоком индексе коморбидности Чарлсон (>7 баллов) и высоком индексе хирургической инвазивности по Mirza (>20 баллов) многомоментное хирургическое вмешательство, выполненное в несколько хирургических сессий, позволяет значительно снизить частоту периоперационных осложнений в сравнении с одномоментным ($p=0,0234$ и $p=0,0227$ соответственно).

Еще один раздел пятого этапа настоящей работы был посвящен анализу клиническо-рентгенологических результатов корригирующего спондилодеза на поясничном отделе позвоночника при лечении пациентов с нарушением сагиттального баланса, после предшествующих вмешательств с инструментализацией на одной из ПДС по поводу дегенеративной патологии поясничного отдела позвоночника. Лечебно-диагностические подходы при хирургических вмешательствах данного рода пациентов использовались согласно разработанной нами классификации. Целью хирургического вмешательства было гармоничное восстановление поясничного лордоза и ликвидация морфологического субстрата клинических проявлений на ранее оперированном и (или) смежном с ним уровне (-ях). Технически данное лечение предполагало проведение 3-х этапного хирургического вмешательства – дорзальный-вентральный-дорзальный. С целью уменьшения количества

этапов, а, следовательно, и уменьшения длительности операции, исключение хирургических рисков, связанных с вентральным доступом, но при сохранении возможности осуществлять сегментарную коррекцию до 20°, нами был разработан «Способ ревизионного корригирующего спондилодеза на поясничном отделе позвоночника» (патент на изобретение RU №2785750), который был использован у ряда пациентов.

Проанализированы данные 18 пациентов с 3 и 4 типами поражений (пациенты из исследования этапа №5).

В 10 (55.6%) случаях лечение выполнено в одну хирургическую сессию, в 8 (44.4%) – в две или три. В среднем интервал между этапами операции составил $7,1 \pm 3,31$ дней.

Таким образом, разработанная классификация применима как при первичном, так и повторном хирургическом лечении пациентов. Хирургическое вмешательство у пациентов с остаточным или усугубившимся сагиттальным дисбалансом после предшествующих операции должно быть направленно на гармоничное восстановление поясничного лордоза. Целевые показатели рассчитываются путем персонифицированной оценки позвоночно-тазовых параметров с учетом типа Roussouly и возраста. Достижение этих значений возможно за счет обязательного проведения корригирующего межтелового спондилодеза на одном или двух нижнепоясничных уровнях. Данный лечебно-диагностический алгоритм заложен в разработанную классификацию, что позволяет значительно улучшить радиологические (позвоночно-тазовые, глобального баланса) и клинические (VAS, ODI) параметры ($p < 0.05$), а так же восстановить гармоничный сагиттальный профиль в виде идеального типа Roussouly в 61.1% случаев у пациентов после предшествующих хирургических вмешательств с интструментализацией.

ВЫВОДЫ

1. Многофакторная модель логистической регрессии прогноза риска рецидива поясничных межпозвонковых грыж имеет коэффициент детерминации $R^2=0,93$, а использование предложенного на ее основе алгоритма планирования хирургического лечения позволяет значимо снизить количество реопераций с 35% [22%; 51%] до 5% [1%; 18%] ($p=0,003$).

2. Применение технологии закрытия дефекта фиброзного кольца после микродискэктомии у пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков позволяет снизить количество реопераций с 35,5% до 9,7% ($p=0,008$), а у пациентов с риском возникновения рецидива грыж поясничных межпозвонковых дисков более 50% снизить частоту реопераций до 2,4%. Предикторами клинических исходов микродискэктомии с использованием технологии закрытия дефекта фиброзного кольца являются: интенсивность предоперационных болей (CR - 1.926, $P<0.001$), показатель инвалидности (CR - 1.061, $P=0.006$) и отсутствие послеоперационных осложнений (CR - 0.072, $P=0.025$).

3. Оптимизированный алгоритм принятия тактических решений при хирургическом лечении пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков, основанный на модели прогноза риска реоперации и способе профилактики рецидива межпозвонковых грыж, позволяет дифференцированно определять показания к классической микродискэктомии, к микродискэктомии с технологией закрытия дефекта фиброзного кольца и к декомпрессивно-стабилизирующему хирургическому вмешательству.

4. Разработанная оригинальная классификация дегенеративно-дистрофических поражений поясничного отдела позвоночника является лечебно-диагностической системой, включающей персонифицированную оценку параметров сагиттального баланса позвоночника, определение доминирующего клинического синдрома и таргетной хирургической тактики. Мультидисциплинарный межэкспертный консенсус по воспроизводимости

разработанной классификации в отношении дегенеративного спондилолистеза является «существенным» ($\kappa=0.792$ [0.767; 0.817]).

5. Использование лечебно-диагностических подходов на основе разработанной классификации позволило выявить ряд преимуществ при лечении пациентов с моносегментарным дегенеративным спондилолистезом в сравнении с тактическими подходами, рекомендуемыми в классификации Gille. В результате этого удалось добиться статистически значимого снижения объема интраоперационной кровопотери на 25%, продолжительности хирургического вмешательства на 15% и продолжительности послеоперационной госпитализации на 25%, а также снижения интенсивности болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника через 12 мес после операции на 33,3%, повышение качества жизни по ODI на 14,3% и большую частоту преодоления порогового значения MCID по ODI 93,1% против 85,2% ($p=0.0491$).

6. Применение подходов, базирующихся на использовании разработанной лечебно-диагностической классификации при хирургических вмешательствах у пациентов со стенозом, сегментарной нестабильностью и деформациями поясничного отдела позвоночника дегенеративного генеза позволило в раннем послеоперационном и периоде через 12 мес значимо уменьшить интенсивность болевого синдрома в нижних конечностях ($p<0,001$) и в поясничном отделе позвоночника ($p<0,001$), улучшить качество жизни пациентов в ($p<0,001$), достичь преодоление порогового значения MCID для ODI в 90,9% случаев.

7. При высоком индексе коморбидности Чарлсон (>7 баллов) и высоком индексе хирургической инвазивности по Mirza (>20 баллов) многоэтапное хирургическое вмешательство, выполненное в несколько хирургических сессий, позволяет значимо снизить частоту периоперационных осложнений в сравнении с одномоментным подходом ($p=0,0234$ и $p=0,0227$, соответственно).

8. Концепция хирургической помощи при лечении пациентов с остаточным, усугубившимся или развившимся сагиттальным дисбалансом после предшествующих оперативных вмешательств с использованием металлофиксации, включающая многоэтапный подход с применением комбинации хирургических методик с обязательным проведением вентрального корригирующего межтелового спондилодеза на одном или двух ниже-поясничных уровнях, позволяет значительно улучшить рентгенологические (позвоночно-тазовые взаимоотношения и глобальный баланс) ($p < 0,001$) и клинические (VAS, ODI) ($p < 0,001$) параметры и достигнуть восстановления гармоничного сагиттального профиля в 61,1% случаев.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Минимальный объем предоперационного обследования пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков должен включать МРТ и рентгенографию поясничного отдела позвоночника в сочетании с функциональной спондилографией, что позволяет определить значения параметров пораженного ПДС и поясничного отдела позвоночника, имеющих значимую связь с рецидивом грыж (высота межпозвонкового диска, мобильность позвоночно-двигательного сегмента, поясничный лордоз, тип межпозвонковых грыж, изменения Modic и стадия дегенерации межпозвонкового диска по Pfirrmann).

2. При высоком (>50%) риске рецидива поясничных межпозвонковых грыж, рассчитанном с помощью разработанной многофакторной модели логистической регрессии прогноза вероятности рецидива необходимо в объем предоперационного обследования включить МСКТ.

3. У пациентов с высоким риском рецидива грыж поясничных межпозвонковых дисков (>50%), метода выбора является технология закрытия дефекта фиброзного кольца. При наличии противопоказаний для ее применения вариантом выбора является проведение спондилодез.

4. У пациентов с дегенеративным стенозом позвоночного канала и (или) дегенеративными деформациями поясничного отдела позвоночника в спектр предоперационного обследования помимо МРТ, МСКТ и рентгенографии поясничного отдела позвоночника в сочетании с функциональной спондилографией должна быть включена постуральная рентгенография позвоночника с захватом бедер и черепа в двух проекциях.

5. При планировании хирургического лечения пациентов с дегенеративным стенозом позвоночного канала и (или) дегенеративными деформациями поясничного отдела позвоночника необходима оценка базовых позвоночно-тазовых и глобальных параметров сагиттального профиля (PI, LL, LDI, PT, IB), формы поясничного лордоза по Roussouly, что позволяет

определить тип биомеханических изменений (гармоничный, сегментарный дисбаланс, регионарный и глобальный дисбаланс).

6. Расчет целевых показателей параметров сагиттального баланса, к достижению которых необходимо стремиться при хирургическом лечении пациентов с дегенеративным стенозом позвоночного канала и (или) дегенеративными деформациями поясничного отдела позвоночника, необходимо осуществлять исходя из константного параметра PI, возраста и формы поясничного лордоза по Roussouly.

7. При первичных и повторных декомпрессивно-стабилизирующих хирургических вмешательствах у пациентов с дегенеративным стенозом позвоночного канала и дегенеративными деформациями поясничного отдела позвоночника базовым необходимо гармоничное индивидуализированное восстановление поясничного лордоза, особенно на уровне L4-S1.

8. Применение «Способа ревизионного корригирующего спондилодеза на поясничном отделе позвоночника», при необходимой степени коррекции до 20°, позволяет уменьшить количество этапов при хирургическом лечении пациентов с сагиттальным дисбалансом после предшествующих оперативных вмешательств с использованием металлофиксации.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ДИ – доверительный интервал;

Rg – рентгенография;

MPT – магнитно-резонансная томография;

МСКТ – мультисрезовая компьютерная томография;

ПДС – позвоночно-двигательный сегмент;

МПД – межпозвонковый диск;

ЭОП – электронно-оптический преобразователь;

ИВД – индекс высоты диска;

ФК – фиброзное кольцо;

ПЯ – пульпозное ядро;

ЗП – замыкательная пластинка;

ДС – дугоотростчатые суставы;

ТПФ – транспедикулярная фиксация

ALIF (anterior lumbar interbody fusion) - передний поясничный
межтеловой спондилодез

DJK (distal junctional kyphosis) - дистальный переходный кифоз

DLIF (direct lumbar interbody fusion) - прямой боковой поясничный
межтеловой спондилодез

FBI (Full Balance Index) – индекс баланса позвоночника

FBSS (failed back surgery syndrome) - синдром неудачной операции на
позвоночнике

IB (index Barrey) - индекс Barrey

GT (global tilt) – глобальное отклонение

HU (Hounsfield unit) - единица Хаунсфилда

LL (lumbar lordosis) – поясничный лордоз

Low LL (Low lumbar lordosis) - поясничный лордоз L4-S1

LDI (lumbar distribution index) - индекс распределения лордоза (LowLL/LL)

LLIF (lateral lumbar interbody fusion) - боковой поясничный межтеловой спондилодез

MCID (minimum clinically important difference) - минимальная клинически значимая разница

MIS (minimally invasive surgery) - минимально инвазивная хирургия

ODI (Oswestry disability index) - индекс Освестри

PEEK (polyether-ether-ketone) - полиэтер-этер-кетон

PI (Pelvic Incidence) - наклон таза (тазовый индекс)

PJK (proximal junctional kyphosis) - проксимальный переходный кифоз

PLIF (posterior lumbar interbody fusion) - задний поясничный межтеловой спондилодез

PT (Pelvic Tilt) - отклонение таза (угол наклона таза)

TLIF (transforaminal lumbar interbody fusion) - трансфораминальный поясничный межтеловой спондилодез

SVA (Sagittal Vertical Axis) - сагиттальная вертикальная ось

SS (Sacral Slope) - наклон крестца (угол наклона крестца)

SSA (spinosacral angle) – спиносакральный угол

SRS-Schwab (SRS-Schwab Adult Spinal Deformity Classification) - классификация деформаций позвоночника взрослых

SL (segmental lordosis) – сегментарный лордоз

TK (thoracic kyphosis) – грудной кифоз

VAS (Visual Analog Scale) - визуальная аналоговая шкала боли

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексанян М.М., Хейло А.Л., Микаелян К.П., Гемджян Э.Г., Аганесов А.Г. Микрохирургическая дискэктомия в поясничном отделе позвоночника: эффективность, болевой синдром, фактор ожирения // Хирургия позвоночника. 2018. Т. 15. № 1. С. 42–48. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2018.1.42-48>.
2. Арестов С.О., Гуца А.О., Кашеев А.А., А.В. Вершинин, М.Д. Древаль, Е.Н. Полторако. Современные подходы к лечению грыж межпозвонковых дисков пояснично-крестцового отдела позвоночника. Нервные болезни №3, 2017.
3. Афаунов А.А., Басанкин И.В., Кузьменко А.В., Шаповалов В.К.. Анализ причин ревизионных операций при хирургическом лечении больных с поясничными стенозами дегенеративной // Кубанский научный медицинский вестник. – 2013. – № 7(142). – С. 173-176).
4. Басанкин И.В., Пташников Д.А., Масевнин С.В., Афаунов А.А., Гюльзатян А.А., Тахмазян К.К. Значимость различных факторов риска в формировании проксимального переходного кифоза и нестабильности металлоконструкции при оперативном лечении взрослых с деформациями позвоночника. "Хирургия позвоночника". 2021;18(1):14-23. <https://doi.org/10.14531/ss2021.1.14-23>
5. Басанкин И.В., Пташников Д.А., Масевнин С.В., Афаунов А.А., Гюльзатян А.А., Тахмазян К.К. Эффективность различных вариантов хирургического лечения и профилактики проксимального переходного кифоза у пациентов с деформациями поясничного отдела позвоночника при сопутствующем остеопорозе. "Хирургия позвоночника". 2022;19(1):6-14. <https://doi.org/10.14531/ss2022.1.6-14>
6. БЫВАЛЬЦЕВ В.А., А.А. КАЛИНИН, Е.Г. БЕЛЫХ, В.А. СОРОКОВИКОВ, В.В. ШЕПЕЛЕВ. Оптимизация результатов лечения

пациентов с сегментарной нестабильностью поясничного отдела позвоночника при использовании малоинвазивной методики спондилодеза. ВОПРОСЫ НЕЙРОХИРУРГИИ 3, 2015 . doi: 10.17116/neiro201579345-54.

7. Васильев А.И. Дегенеративный сколиоз: обзор мировой литературы // Хирургия позвоночника. 2016. Т. 13. № 4. С. 56–65. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2016.4.56-65>.

8. Ветрилэ, С. Т. Показания и особенности выбора тактики хирургического лечения поясничного остеохондроза с использованием транспедикулярных фиксаторов / С. Т. Ветрилэ, В. В. Швец, А. И. Крупаткин // Хирургия позвоночника. – 2004. – № 4. – С. 40-46. – EDN HSOYPL.

9. Гуца А. О., Коновалов Н. А., Гринь А. А.. Хирургия дегенеративных поражений позвоночника. Национальное руководство /— Москва: «ГЭОТАР-Медиа», 2019. – 86 с.

10. Давыдов Е.А., Назаров А.С., О.Н. Тюлькин, А.А. Ильин, М.Ю. Коллеров. Применение межкостистого дистрактора из нитинола при хирургическом лечении сегментарной нестабильности в поясничном отделе позвоночника. ХИРУРГИЯ ПОЗВОНОЧНИКА 2015. Т. 12. № 1. С. 76–82

11. Картавых Р.А., Борщенко И.А., Чмутин Г.Е., Басков А.В. Хирургическое лечение пациентов с дегенеративным спондилолистезом I степени и спинальным стенозом методом мини-инвазивной двусторонней декомпрессии // Хирургия позвоночника. 2020. Т. 17. № 4. С. 33–42. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2020.4.33-42>.

12. КЛИМОВ В. С., ХАЛЕПА Р.В., АМЕЛИНА Е.В., ЕВСЮКОВ А.В., КРИВОШАПКИН А. Л. Синдромальная оценка дегенеративной патологии поясничного отдела позвоночника у пациентов пожилого и старческого возраста ТРАВМАТОЛОГИЯ И ОРТОПЕДИЯ РОССИИ Том: 29, Номер: 3, Год: 2023 Страницы: 31-45 <https://doi.org/10.17816/2311-2905-12024>

13. Климов В.С., Василенко И.И., Рябых С.О., Амелина Е.В., Булатов А.В., Евсюков А.В.. Влияние реконструкции сагиттального баланса на результаты лечения пациентов пожилого и старческого возраста с

дегенеративным спондилолистезом низкой степени градации: анализ моноцентральной четырехлетней когорты Гений Ортопедии, том 26, № 4, 2020 г. DOI 10.18019/1028-4427-2020-26-4-555-564

14. Климов В.С., Лопарев Е.А., Евсюков А.В., Рзаев Д.А., Амелина Е.В., Саатова Н.Э., Маркин С.П. Сравнительный анализ результатов лечения пациентов различных возрастных групп с грыжами межпозвонковых дисков. *Хирургия позвоночника*. 2020;17(3):66-80. <https://doi.org/10.14531/ss2020.3.66-80>

15. Климов В.С.. Дифференцированный нейроортопедический подход к хирургическому лечению пациентов пожилого и старческого возраста с дегенеративной патологией поясничного отдела позвоночника: дис. ...докт.мед.наук/в.с. климов – новосибирск, 2021

16. Колесов С. В.. Эффективность эндоскопических вмешательств в вертебрологии / С. В. Колесов, Д. С. Горбатюк, А. И. Казьмин [и др.] // Медицинский вестник ГВКГ им. Н.Н. Бурденко. – 2022. – № 1(7). – С. 57-62. – DOI 10.53652/2782-1730-2022-3-1-57-62. – EDN JZYYSV.

17. Колесов С.В., Колбовский Д.А., Казьмин А.И., Морозова Н.С. Применение стержней из нитинола при хирургическом лечении дегенеративных заболеваний позвоночника с фиксацией пояснично-крестцового перехода. *"Хирургия позвоночника"*. 2016;13(1):41-49. <https://doi.org/10.14531/ss2016.1.41-49>

18. Коновалов Н.А. Новые технологии и алгоритмы диагностики и хирургического лечения дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника. дис. ...докт.мед.наук/Н.А. Коновалов – Москва, 2010.

19. Кравцов М.Н., Мирзаметов С.Д., Малаховский В.Н., Алексеева Н.П., Гайдар Б.В., Свистов Д.В. Ближайшие и отдаленные результаты чрескожной видеоэндоскопической и микрохирургической поясничной дискэктомии: когортное проспективное исследование // Хирургия

позвоночника. 2019. Т. 16. № 2. С. 27–34. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2019.2.27-34>.

20. Крутько А. В., Пелеганчук А. В., Козлов Д. М. [и др.]. Корреляционная зависимость клинико-морфологических проявлений и биомеханических параметров у больных с дегенеративным спондилолистезом L4 позвонка // Травматология и ортопедия России. – 2011. – № 4(62). – С. 44-52.

21. Крутько А.В., Ахметьянов Ш.А., Козлов Д.М., Пелеганчук А.В., Булатов А.В. Минимально инвазивные стабилизирующие и декомпрессивно-стабилизирующие методы хирургического лечения дегенеративно-дистрофических поражений позвоночника // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2011. – № 4. – С. 3-10.

22. Крутько, А. В. Хирургическая тактика и организация специализированной помощи больным с дегенеративно-дистрофическим заболеванием поясничного отдела позвоночника : дис. ... д-ра мед. наук / А. В. Крутько. – Н., 2013. – 258 с.

23. Крылов В. В. Состояние нейрохирургической помощи больным с травмами и заболеваниями позвоночника и спинного мозга в г. Москве / В. В. Крылов, В. В. Лебедев, А. А. Гринь // Нейрохирургия. – 2001. – № 1. – С. 60–66.

24. Куценко В.А., Продан А.И. КЛАССИФИКАЦИЯ СПОНДИЛОЛИСТЕЗА Н.И. ХВИСЮКА. "Хирургия позвоночника". 2008;(4):072-077. <https://doi.org/10.14531/ss2008.4.72-77>

25. Луцик, А. А. Дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника / А. А. Луцик, М. А. Садовой, А. В. Крутько, А. Г. Епифанцев. – Новосибирск : Наука, 2012. – 264 с.

26. Митбрейт И.М. Спондилолистез. М., 1978.

27. Митбрейт И.М., Беленький В.Е. О положении равнодействующей веса тела у больных спондилолистезом // Труды Рижского НИИТО. 1975. Вып. 13. С. 407–411.

28. Млявых С.Г.. Совершенствование диагностики и хирургического лечения пациентов с симптоматическим дегенеративным стенозом

поясничного отдела позвоночника. дис. ...докт.мед.наук/С.Г. Млявых – Нижний Новгород, 2021.

29. Москалев А.В., Гладких В.С., Альшевская А.А., Ковалевский А.П., Саханенко А.И., Орлов К.Ю., Коновалов Н.А., Крутько А.В.. Доказательная Медицина: Возможность использования метода подбора больных по индексу соответствия (PSM) для устранения систематической ошибки отбора в ретроспективных нейрохирургических исследованиях. «Вопросы Нейрохирургии» Имени Н.Н. Бурденко №1, 2018. <https://doi.org/10.17116/Neiro201882152-58>

30. Пантелеев А.А., Миронов С.П., Бухтин К.М., Сажнев М.Л., Казьмин А.И., Переверзев В.С., Колесов С.В. Эффективность четырехстержневой фиксации при выполнении педикулярной субтракционной остеотомии позвоночника. *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(3):65-73. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-3-65-73.

31. Переверзев В. С.. Искусственный интеллект для прогнозирования различных состояний в вертебрологии: систематический обзор / В. С. Переверзев, А. И. Казьмин, М. Л. Сажнев [и др.] // Гений ортопедии. – 2021. – Т. 27, № 6. – С. 813-820. – DOI 10.18019/1028-4427-2021-27-6-813-820.

32. Переверзев, В. С. Бипортальная эндоскопическая хирургия при дегенеративных заболеваниях поясничного отдела позвоночника / В. С. Переверзев, В. В. Швец, Н. А. Чернова // Медицинский вестник ГВКГ им. Н.Н. Бурденко. – 2022. – № 1(7). – С. 63-70. – DOI 10.53652/2782-1730-2022-3-1-63-70. – EDN FZDORI.

33. ПЕРФИЛЬЕВ С.В. Грыжи межпозвонковых дисков: анализ современных хирургических методов лечения. Вестник экстренной медицины, 2014, № 4

34. Продан А. И., Перепечай О. А., Подлипинцев В. В. Концептуальная модель перемежающейся нейрогенной хромоты и транзиторной радикулопатии

при поясничном спинальном стенозе // Летопись травматологии и ортопедии. – 2008. – Т. 1-2. – С. 218–225.

35. Радченко, В. А. Практикум по стабилизации грудного и поясничного отделов позвоночника / В. А. Радченко, Н. А. Корж. – Харьков, 2004. – 157 с.

36. Сангинов А.Д. Аннулопластика как способ профилактики рецидивов поясничных межпозвонковых грыж: обзор литературы // Хирургия позвоночника. 2017. Т. 14. № 2. С. 63–69. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2017.2.63-69>.

37. Сангинов А.Д.. Пластика дефекта фиброзного кольца при хирургическом лечении пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков: дис. ...канд. мед.наук/А.Д. Сангинов – Новосибирск, 2018

38. Симонович А.Е., Байкалов А.А. Хирургическое лечение рецидивов болевых синдромов после удаления грыж поясничных межпозвонковых дисков. "Хирургия позвоночника". 2005;(3):087-092. <https://doi.org/10.14531/ss2005.3.87-92>

39. Симонович А.Е., Козлов Д.М., Ермаков Т.Ж.. Особенности дегенеративных поражений поясничного отдела позвоночника у пациентов пожилого и старческого возраста. Хирургия позвоночника. 2/2006 (с. 6–11)

40. Симонович А.Е., Маркин С.П.. Сравнительная оценка эффективности эндоскопической дискэктомии по Дестандо и открытой микрохирургической дискэктомии при грыжах поясничных дисков. Хирургия позвоночника 1 / 2005 (с. 63–68)

41. Симонович А.Е., С.П. Маркин, А.А. Байкалов, Д.В. Храпов. Лечение дегенеративных поражений поясничного отдела позвоночника с использованием межостистых динамических имплантатов COFLEX и DIAM. Хирургия позвоночника. 1/2007 (с. 21–28)

42. Усиков В.Д., Пташников Д.А., Михайлов Д.А. Способы малоинвазивной хирургии в лечении дегенеративно-дистрофических

заболеваний позвоночника. Травматол и ортопед России 2009; 3: 79-84.

43. Чертков А.К., Кутепов СМ., Мухочев В.А. Лечение остеохондроза поясничного отдела позвоночника протезированием межпозвонковых дисков функциональными эндопротезами Травматол. и ортопед. России. – 2000. – № 3. – С. 58–62.

44. Шишкова ВН. Коморбидность и полипрагмазия: фокус на цитопротекцию. Cons Medicum. 2016;18(12):73–9.

45. Abdu RW, Abdu WA, Pearson AM, Zhao W, Lurie JD, Weinstein JN. Reoperation for Recurrent Intervertebral Disc Herniation in the Spine Patient Outcomes Research Trial: Analysis of Rate, Risk Factors, and Outcome. Spine (Phila Pa 1976). 2017 Jul 15;42(14):1106-1114. doi: 10.1097/BRS.0000000000002088. PMID: 28146015; PMCID: PMC5515079.

46. Abdu WA, Lurie JD, Spratt KF, Tosteson AN, Zhao W, Tosteson TD, Herkowitz H, Longely M, Boden SD, Emery S, Weinstein JN. Degenerative spondylolisthesis: does fusion method influence outcome? Four-year results of the spine patient outcomes research trial. Spine (Phila Pa 1976). 2009 Oct 1;34(21):2351-60. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181b8a829. PMID: 19755935; PMCID: PMC3750746.

47. Aebi M. The adult scoliosis. Eur Spine J. 2005 Dec;14(10):925-48. doi: 10.1007/s00586-005-1053-9. Epub 2005 Nov 18. PMID: 16328223.

48. Aggarwal A, Garg K. Lumbar Facet Fluid-Does It Correlate with Dynamic Instability in Degenerative Spondylolisthesis? A Systematic Review and Meta-Analysis. World Neurosurg. 2021 May;149:53-63. doi: 10.1016/j.wneu.2021.02.029. Epub 2021 Feb 17. PMID: 33607287.

49. Ahlgren, B. D. Effect of annular repair on the healing strength of the intervertebral disc: A sheep model / B. D. Ahlgren, W. Lui, H. N. Herkowitz [et al.] // Spine. – 2000. – Vol. 25. – P. 2165–2170.

50. Aizawa T, Ozawa H, Kusakabe T, Nakamura T, Sekiguchi A, Takahashi A, Sasaji T, Tokunaga S, Chiba T, Morozumi N, Koizumi Y, Itoi E. Reoperation for recurrent lumbar disc herniation: a study over a 20-year period in a Japanese

population. J Orthop Sci. 2012 Mar;17(2):107-13. doi: 10.1007/s00776-011-0184-6. Epub 2011 Dec 22. PMID: 22189996.

51. Albert TJ, Pinto M, Denis F. Management of symptomatic lumbar pseudarthrosis with anteroposterior fusion. A functional and radiographic outcome study. Spine (Phila Pa 1976). 2000 Jan;25(1):123-9; discussion 130. doi: 10.1097/00007632-200001010-00021. PMID: 10647170.

52. Alvi MA, Kerezoudis P, Wahood W, Goyal A, Bydon M. Literature Review Operative Approaches for Lumbar Disc Herniation : A Systematic Review and Multiple Treatment Meta-Analysis of Conventional and Minimally Invasive Surgeries. World Neurosurg. 2018;Jun(114):391–407. doi:10.1016/j.wneu.2018.02.156

53. Anand N, Cohen JE, Cohen RB, Khandehroo B, Kahwaty S, Baron E. Comparison of a Newer Versus Older Protocol for Circumferential Minimally Invasive Surgical (CMIS) Correction of Adult Spinal Deformity (ASD)-Evolution Over a 10-Year Experience. Spine Deform. 2017 May;5(3):213-223. doi: 10.1016/j.jspd.2016.12.005. PMID: 28449965.

54. Anand N, Sardar ZM, Simmonds A, Khandehroo B, Kahwaty S, Baron EM. Thirty-Day Reoperation and Readmission Rates After Correction of Adult Spinal Deformity via Circumferential Minimally Invasive Surgery-Analysis of a 7-Year Experience. Spine Deform. 2016 Jan;4(1):78-83. doi: 10.1016/j.jspd.2015.08.002. Epub 2015 Dec 23. PMID: 27852505.

55. Arzeno A.H., Jayme Koltsov, Todd F Alamin, Ivan Cheng, Kirkham B Wood, Serena S Hu. Short-Term Outcomes of Staged Versus Same-Day Surgery for Adult Spinal Deformity Correction. Spine Deform. 2019 Sep;7(5):796-803.e1. doi: 10.1016/j.jspd.2018.12.008

56. Azimi P, Yazdanian T, Benzel EC, Montazeri A. Global Sagittal Balance of Spine in Asymptomatic Controls: A Systematic Review and Meta-Analysis. World Neurosurg. 2021 Oct;154:93-108. doi: 10.1016/j.wneu.2021.07.036. Epub 2021 Jul 24. PMID: 34314909.

57. Bae HW, Rajae SS, Kanim LE. Nationwide trends in the surgical management of lumbar spinal stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013 May 15;38(11):916-26. doi: 10.1097/BRS.0b013e3182833e7c. PMID: 23324922.
58. Banno T, Togawa D, Arima H, Hasegawa T, Yamato Y, Kobayashi S, Yasuda T, Oe S, Hoshino H, Matsuyama Y. The cohort study for the determination of reference values for spinopelvic parameters (T1 pelvic angle and global tilt) in elderly volunteers. *Eur Spine J*. 2016 Nov;25(11):3687-3693. doi: 10.1007/s00586-016-4411-x. Epub 2016 Feb 1. PMID: 26831540.
59. Bari TJ, Ohrt-Nissen S, Hansen LV, Dahl B, Gehrchen M. Ability of the Global Alignment and Proportion Score to Predict Mechanical Failure Following Adult Spinal Deformity Surgery-Validation in 149 Patients With Two-Year Follow-up. *Spine Deform*. 2019 Mar;7(2):331-337. doi: 10.1016/j.jspd.2018.08.002. PMID: 30660230.
60. Barone G, Giudici F, Martinelli N, Ravier D, Muzzi S, Minoia L, Zagra A, Scaramuzzo L. Mechanical Complications in Adult Spine Deformity Surgery: Retrospective Evaluation of Incidence, Clinical Impact and Risk Factors in a Single-Center Large Series. *J Clin Med*. 2021 Apr 21;10(9):1811. doi: 10.3390/jcm10091811. PMID: 33919280; PMCID: PMC8122265.
61. Barrey C, Jund J, Nosedà O, Roussouly P. Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases. *Eur Spine J*. 2007 Sep;16(9):1459-67. doi: 10.1007/s00586-006-0294-6. Epub 2007 Jan 9. PMID: 17211522; PMCID: PMC2200735.
62. Barrey C, Roussouly P, Le Huec JC, D'Acunzi G, Perrin G. Compensatory mechanisms contributing to keep the sagittal balance of the spine. *Eur Spine J*. 2013 Nov;22 Suppl 6(Suppl 6):S834-41. doi: 10.1007/s00586-013-3030-z. Epub 2013 Sep 20. PMID: 24052406; PMCID: PMC3830026.
63. Barrey C, Roussouly P, Perrin G, Le Huec JC. Sagittal balance disorders in severe degenerative spine. Can we identify the compensatory mechanisms? *Eur Spine J*. 2011 Sep;20 Suppl 5(Suppl 5):626-33. doi: 10.1007/s00586-011-1930-3. Epub 2011 Jul 28. PMID: 21796393; PMCID: PMC3175931.

64. Barrey CY, Le Huec JC; French Society for Spine Surgery. Chronic low back pain: Relevance of a new classification based on the injury pattern. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2019 Apr;105(2):339-346. doi: 10.1016/j.otsr.2018.11.021. Epub 2019 Feb 18. PMID: 30792166.
65. Barton C, Noshchenko A, Patel V, Cain C, Kleck C, Burger E. Risk factors for rod fracture after posterior correction of adult spinal deformity with osteotomy: a retrospective case-series. *Scoliosis.* 2015 Nov 4;10:30. doi: 10.1186/s13013-015-0056-5. PMID: 26543498; PMCID: PMC4634788.
66. Barz T, Melloh M, Lord SJ, Kasch R, Merk HR, Staub LP. A conceptual model of compensation/decompensation in lumbar segmental instability. *Med Hypotheses.* 2014 Sep;83(3):312-6.
67. Bederman SS, Le VH, Pahlavan S. An Approach to Lumbar Revision Spine Surgery in Adults. *J Am Acad Orthop Surg.* 2016 Jul;24(7):433-42. doi: 10.5435/JAAOS-D-14-00181. PMID: 27227984.
68. Belykh E, Krutko AV, Baykov ES, Giers MB, Preul MC, Byvaltsev VA. Preoperative estimation of disc herniation recurrence after microdiscectomy: predictive value of a multivariate model based on radiographic parameters. *Spine J.* 2017 Mar;17(3):390-400.
69. Berjano P, Lamartina C. Far lateral approaches (XLIF) in adult scoliosis. *Eur Spine J.* 2013 Mar;22 Suppl 2(Suppl 2):S242-53. doi: 10.1007/s00586-012-2426-5. Epub 2012 Jul 27. PMID: 22836363; PMCID: PMC3616466.
70. Bess S, Boachie-Adjei O, Burton D, Cunningham M, Shaffrey C, Shelokov A, Hostin R, Schwab F, Wood K, Akbarnia B; International Spine Study Group. Pain and disability determine treatment modality for older patients with adult scoliosis, while deformity guides treatment for younger patients. *Spine (Phila Pa 1976).* 2009 Sep 15;34(20):2186-90. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181b05146. PMID: 19752704.
71. Boissière L, Takemoto M, Bourghli A, Vital JM, Pellisé F, Alanay A, Yilgor C, Acaroglu E, Perez-Grueso FJ, Kleinstück F, Obeid I; European Spine Study

Group (ESSG). Global tilt and lumbar lordosis index: two parameters correlating with health-related quality of life scores-but how do they truly impact disability? *Spine J.* 2017 Apr;17(4):480-488. doi: 10.1016/j.spinee.2016.10.013. Epub 2016 Nov 1. PMID: 27815217.

72. Boos N., Aebi M. (Editors) *Spinal Disorders. Fundamentals of Diagnosis and Treatment.* 2008 Springer-Verlag Berlin Heidelberg. pp.1166

73. Borshchenko I, Gulzatyan A, Kartavykh R, Grin A. How I do it: bilateral lumbar spinal canal microsurgical decompression via unilateral approach. *Acta Neurochir (Wien).* 2019 Nov;161(11):2375-2380. doi: 10.1007/s00701-019-04059-0. Epub 2019 Sep 10. PMID: 31506727.

74. Bridwell KH, Lenke LG, Cho SK, Pahys JM, Zebala LP, Dorward IG, Cho W, Baldus C, Hill BW, Kang MM. Proximal junctional kyphosis in primary adult deformity surgery: evaluation of 20 degrees as a critical angle. *Neurosurgery.* 2013 Jun;72(6):899-906. doi: 10.1227/NEU.0b013e31828bacd8. PMID: 23407291.

75. Bridwell KH, Lenke LG, Lewis SJ. Treatment of spinal stenosis and fixed sagittal imbalance. *Clin Orthop Relat Res.* 2001 Mar;(384):35-44. doi: 10.1097/00003086-200103000-00006. PMID: 11249178.

76. Buser Z, Ortega B, D'Oro A, Pannell W, Cohen JR, Wang J, Golish R, Reed M, Wang JC. Spine Degenerative Conditions and Their Treatments: National Trends in the United States of America. *Global Spine J.* 2018 Feb;8(1):57-67. doi: 10.1177/2192568217696688. Epub 2017 Apr 7. PMID: 29456916; PMCID: PMC5810888.

77. Camino Willhuber G, Elizondo C, Slullitel P. Analysis of Postoperative Complications in Spinal Surgery, Hospital Length of Stay, and Unplanned Readmission: Application of Dindo-Clavien Classification to Spine Surgery. *Global Spine J.* 2019 May;9(3):279-286. doi: 10.1177/2192568218792053. Epub 2018 Jul 26. PMID: 31192095; PMCID: PMC6542169.

78. Canturk TC, Czikk D, Wai EK, Phan P, Stratton A, Michalowski W, Kingwell S. A scoping review of complication prediction models in spinal surgery:

An analysis of model development, validation and impact. *N Am Spine Soc J.* 2022 Jul 14;11:100142. doi: 10.1016/j.xnsj.2022.100142. PMID: 35983028; PMCID: PMC9379667.

79. Carragee EJ, Han MY, Suen PW, Kim D. Clinical outcomes after lumbar discectomy for sciatica: the effects of fragment type and anular competence. *J Bone Joint Surg Am.* 2003 Jan;85(1):102-8. PMID: 12533579.

80. Carragee EJ, Spinnickie AO, Alamin TF, Paragioudakis S. A prospective controlled study of limited versus subtotal posterior discectomy: short-term outcomes in patients with herniated lumbar intervertebral discs and large posterior anular defect. *Spine (Phila Pa 1976).* 2006 Mar 15;31(6):653-7. doi: 10.1097/01.brs.0000203714.76250.68. PMID: 16540869.

81. Chang D, Zygorakis CC, Wadhwa H, Kahn JG. Systematic Review of Cost-Effectiveness Analyses in U.S. Spine Surgery. *World Neurosurg.* 2020 Oct;142:e32-e57. doi: 10.1016/j.wneu.2020.05.123. Epub 2020 May 21. PMID: 32446983.

82. Chaput C, Padon D, Rush J, Lenehan E, Rahm M. The significance of increased fluid signal on magnetic resonance imaging in lumbar facets in relationship to degenerative spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2007 Aug 1;32(17):1883-7. doi: 10.1097/BRS.0b013e318113271a. PMID: 17762297.

83. Charlson ME, Pompei P, Ales KL, MacKenzie CR. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *J Chronic Dis.* 1987;40(5):373-83. doi: 10.1016/0021-9681(87)90171-8. PMID: 3558716.

84. Charosky S, Moreno P, Maxy P. Instability and instrumentation failures after a PSO: a finite element analysis. *Eur Spine J.* 2014 Nov;23(11):2340-9. doi: 10.1007/s00586-014-3295-x. Epub 2014 Apr 19. PMID: 24748413.

85. Chen B, Guo J, Zhang H, Zhang Y, Zhu Y, Zhang J, et al. Surgical versus non-operative treatment for lumbar disc herniation: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil.* 2018;32(2):146–60. doi:10.1177/0269215517719952

86. Chen X, Chamoli U, Vargas Castillo J, Ramakrishna VAS, Diwan AD. Complication rates of different discectomy techniques for symptomatic lumbar disc herniation: a systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J*. 2020 Jul;29(7):1752-1770. doi: 10.1007/s00586-020-06389-5. Epub 2020 Apr 9. PMID: 32274586.
87. Chen Z, Zhang L, Dong J, Xie P, Liu B, Wang Q, Chen R, Shu T, Li S, Feng F, Yang B, He L, Yang Y, Liu Z, Pang M, Rong L. Percutaneous Transforaminal Endoscopic Discectomy Versus Microendoscopic Discectomy for Lumbar Disc Herniation: Two-Year Results of a Randomized Controlled Trial. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2020 Apr 15;45(8):493-503. doi: 10.1097/BRS.0000000000003314. PMID: 31703056.
88. Cheng J, Wang H, Zheng W, Li C, Wang J, Zhang Z, Huang B, Zhou Y. Reoperation after lumbar disc surgery in two hundred and seven patients. *Int Orthop*. 2013 Aug;37(8):1511-7. doi: 10.1007/s00264-013-1925-2. Epub 2013 May 22. PMID: 23695881; PMCID: PMC3728382.
89. Cho SK, Shin JI, Kim YJ. Proximal junctional kyphosis following adult spinal deformity surgery. *Eur Spine J*. 2014 Dec;23(12):2726-36. doi: 10.1007/s00586-014-3531-4. Epub 2014 Sep 4. PMID: 25186826.
90. Choi KC, Shim HK, Kim JS, Cha KH, Lee DC, Kim ER, Kim MJ, Park CK. Cost-effectiveness of microdiscectomy versus endoscopic discectomy for lumbar disc herniation. *Spine J*. 2019 Jul;19(7):1162-1169. doi: 10.1016/j.spinee.2019.02.003. Epub 2019 Feb 10. PMID: 30742976.
91. Choi Y, Kim CH, Rhee JM, Kuo CC, Lee U, Park SB, Lee CH, Yang SH, Kim KT, Chung CK. Longitudinal clinical outcomes after full-endoscopic lumbar discectomy for recurrent disc herniation after open discectomy. *J Clin Neurosci*. 2020 Feb;72:124-129. doi: 10.1016/j.jocn.2019.12.047. Epub 2020 Jan 13. PMID: 31948880.
92. Cinotti G, Roysam GS, Eisenstein SM, et al. Ipsilateral recurrent lumbar disc herniation: a prospective, controlled study. *J Bone Joint Surg Br* 1998;80: 825–32.

93. Costanzo G, Zoccali C, Maykowski P, Walter CM, Skoch J, Baaj AA. The role of minimally invasive lateral lumbar interbody fusion in sagittal balance correction and spinal deformity. *Eur Spine J*. 2014 Oct;23 Suppl 6:699-704. doi: 10.1007/s00586-014-3561-y. Epub 2014 Sep 13. PMID: 25217242.
94. Cummins J, Lurie JD, Tosteson TD, Hanscom B, Abdu WA, Birkmeyer NJ, Herkowitz H, Weinstein J. Descriptive epidemiology and prior healthcare utilization of patients in the Spine Patient Outcomes Research Trial's (SPORT) three observational cohorts: disc herniation, spinal stenosis, and degenerative spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006 Apr 1;31(7):806-14. doi: 10.1097/01.brs.0000207473.09030.0d. PMID: 16582855; PMCID: PMC2775468.
95. Daniels AH, DePasse JM, Durand W, Hamilton DK, Passias P, Kim HJ, Protopsaltis T, Reid DBC, LaFage V, Smith JS, Shaffrey C, Gupta M, Klineberg E, Schwab F, Burton D, Bess S, Ames C, Hart RA; International Spine Study Group. Rod Fracture After Apparently Solid Radiographic Fusion in Adult Spinal Deformity Patients. *World Neurosurg*. 2018 Sep;117:e530-e537. doi: 10.1016/j.wneu.2018.06.071. Epub 2018 Jun 19. PMID: 29929025.
96. Derman PB, Singh K. Surgical Strategies for the Treatment of Lumbar Pseudarthrosis in Degenerative Spine Surgery: A Literature Review and Case Study. *HSS J*. 2020 Jul;16(2):183-187. doi: 10.1007/s11420-019-09732-9. Epub 2019 Oct 30. PMID: 32523486; PMCID: PMC7253566.
97. Dewing, Christopher B.; Provencher, Matthew T.; Riffenburgh, Robert H.; Kerr, Stewart; Manos, Richard E. The Outcomes of Lumbar Microdiscectomy in a Young, Active Population: Correlation by Herniation Type and Level// *Spine*. 33(1):33–38, January 1, 2008.
98. Deyo RA, Mirza SK, Martin BI, Kreuter W, Goodman DC, Jarvik JG. Trends, major medical complications, and charges associated with surgery for lumbar spinal stenosis in older adults. *JAMA*. 2010 Apr 7;303(13):1259-65. doi: 10.1001/jama.2010.338. PMID: 20371784; PMCID: PMC2885954.

99. Di Silvestre M, Lolli F, Bakaloudis G, Parisini P. Dynamic stabilization for degenerative lumbar scoliosis in elderly patients. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010 Jan 15;35(2):227-34. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181bd3be6. PMID: 20081518.
100. Di Silvestre M, Lolli F, Bakaloudis G. Degenerative lumbar scoliosis in elderly patients: dynamic stabilization without fusion versus posterior instrumented fusion. *Spine J*. 2014 Jan;14(1):1-10. doi: 10.1016/j.spinee.2012.10.023. Epub 2012 Dec 17. PMID: 23257571.
101. Diebo BG, Oren JH, Challier V, Lafage R, Ferrero E, Liu S, Vira S, Spiegel MA, Harris BY, Liabaud B, Henry JK, Errico TJ, Schwab FJ, Lafage V. Global sagittal axis: a step toward full-body assessment of sagittal plane deformity in the human body. *J Neurosurg Spine*. 2016 Oct;25(4):494-499. doi: 10.3171/2016.2.SPINE151311. Epub 2016 May 20. PMID: 27203811.
102. Diebo BG, Varghese JJ, Lafage R, Schwab FJ, Lafage V. Sagittal alignment of the spine: What do you need to know? *Clin Neurol Neurosurg*. 2015 Dec;139:295-301. doi: 10.1016/j.clineuro.2015.10.024. Epub 2015 Oct 28. PMID: 26562194.
103. Ding F, Jia Z, Zhao Z, Xie L, Gao X, Ma D, Liu M. Total disc replacement versus fusion for lumbar degenerative disc disease: a systematic review of overlapping meta-analyses. *Eur Spine J*. 2017 Mar;26(3):806-815. doi: 10.1007/s00586-016-4714-y. Epub 2016 Jul 23. Erratum in: *Eur Spine J*. 2018 Oct;27(10):2663. PMID: 27448810.
104. Drazin D, Ugiliweneza B, Al-Khouja L, Yang D, Johnson P, Kim T, Boakye M. Treatment of Recurrent Disc Herniation: A Systematic Review. *Cureus*. 2016 May 23;8(5):e622. doi: 10.7759/cureus.622. PMID: 27382530; PMCID: PMC4922511.
105. Dupuis L., Young-Hing K, Cassidy JD, Kirkaldy-Willis WH. Radiologic diagnosis of degenerative lumbar spinal instability. *Spine* 10:262-276. 1985.
106. Eastlack RK, Srinivas R, Mundis GM, Nguyen S, Mummaneni PV, Okonkwo DO, Kanter AS, Anand N, Park P, Nunley P, Uribe JS, Akbarnia BA, Chou D, Deviren V; International Spine Study Group. Early and Late Reoperation Rates

With Various MIS Techniques for Adult Spinal Deformity Correction. *Global Spine J.* 2019 Feb;9(1):41-47. doi: 10.1177/2192568218761032. Epub 2018 May 10. PMID: 30775207; PMCID: PMC6362559.

107. Epstein NE. Commentary on: Laminectomy plus fusion versus laminectomy alone for lumbar spondylolisthesis by Ghogawala Z, Dziura J, Butler WE, Dai F, Terrin N, Magge SN, et al. *NEJM* 2016;374 (15):1424-34. *Surg Neurol Int.* 2016 Sep 22;7(Suppl 25):S644-S647. doi: 10.4103/2152-7806.191061. PMID: 27843677; PMCID: PMC5054633.

108. Esposito P, Pinheiro-Franco JL, Froelich S, Maitrot D. Predictive value of MRI vertebral end-plate signal changes (Modic) on outcome of surgically treated degenerative disc disease. Results of a cohort study including 60 patients. *Neurochirurgie.* 2006 Sep;52(4):315-22. doi: 10.1016/s0028-3770(06)71225-5. PMID: 17088711.

109. Falavigna A, Scheverin N, Righesso O, Teles AR, Gullo MC, Cheng JS, Riew KD. Economic value of treating lumbar disc herniation in Brazil. *J Neurosurg Spine.* 2016 Apr;24(4):608-14. doi: 10.3171/2015.7.SPINE15441. Epub 2015 Dec 11. PMID: 26654336.

110. Fardon D.F. Nomenclature and Classification of Lumbar Disc Pathology, Recommendations of the Combined Task Forces of the North American Spine Society, American Society of Spine Radiology, and American Society of Neuroradiology / D.F. Fardon, P.C. Milette // *Spine.* – 2001. Vol. 26 (5). – P. E93–E113.

111. Frymoyer J, Krag MH. "Spinal stability and instability: definitions, classifications and general principals of management. *The Unstable Spine.* Philadelphia: W.B. Saunders Co., 1986

112. Fu TS, Lai PL, Tsai TT, Niu CC, Chen LH, Chen WJ. Long-term results of disc excision for recurrent lumbar disc herniation with or without posterolateral fusion. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005 Dec 15;30(24):2830-4. doi: 10.1097/01.brs.0000190393.15369.94. PMID: 16371913.

113. Gadjradj PS, Rubinstein SM, Peul WC, Depauw PR, Vleggeert-Lankamp CL, Seiger A, van Susante JL, de Boer MR, van Tulder MW, Harhangi BS. Full endoscopic versus open discectomy for sciatica: randomised controlled non-inferiority trial. *BMJ*. 2022 Feb 21;376:e065846. doi: 10.1136/bmj-2021-065846. PMID: 35190388; PMCID: PMC8859734.
114. Gertzbein SD, Hollopeter MR, Hall S. Pseudarthrosis of the lumbar spine. Outcome after circumferential fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998 Nov 1;23(21):2352-6; discussion 2356-7. doi: 10.1097/00007632-199811010-00021. PMID: 9820917.
115. Gille O, Bouloussa H, Mazas S, Vergari C, Challier V, Vital JM, Coudert P, Ghailane S. A new classification system for degenerative spondylolisthesis of the lumbar spine. *Eur Spine J*. 2017 Dec;26(12):3096-3105. doi: 10.1007/s00586-017-5275-4. Epub 2017 Aug 23. PMID: 28836019.
116. Gille O, Challier V, Parent H, Cavagna R, Poignard A, Faline A, Fuentes S, Ricart O, Ferrero E, Ould Slimane M; French Society of Spine Surgery (SFCR). Degenerative lumbar spondylolisthesis: cohort of 670 patients, and proposal of a new classification. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2014 Oct;100(6 Suppl):S311-5. doi: 10.1016/j.otsr.2014.07.006. Epub 2014 Sep 5. PMID: 25201282.
117. Gopinath P. Lumbar segmental instability: Points to ponder. *J Orthop*. 2015 Oct 8;12(4):165-7. doi: 10.1016/j.jor.2015.09.005. PMID: 26566313; PMCID: PMC4602001.
118. Grogan J, Nowicki BH, Schmidt TA, Haughton VM. Lumbar facet joint tropism does not accelerate degeneration of the facet joints. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1997;18(7):1325-1329.
119. Gupta S, Eksi MS, Ames CP, Deviren V, Durbin-Johnson B, Smith JS, Gupta MC. A Novel 4-Rod Technique Offers Potential to Reduce Rod Breakage and Pseudarthrosis in Pedicle Subtraction Osteotomies for Adult Spinal Deformity Correction. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*. 2018 Apr 1;14(4):449-456. doi: 10.1093/ons/oxp151. PMID: 28973658; PMCID: PMC6057497.

120. Ham DW, Kim HJ, Choi JH, Park J, Lee J, Yeom JS. Validity of the global alignment proportion (GAP) score in predicting mechanical complications after adult spinal deformity surgery in elderly patients. *Eur Spine J*. 2021 May;30(5):1190-1198. doi: 10.1007/s00586-021-06734-2. Epub 2021 Feb 2. PMID: 33528658.

121. Hamilton DK, Kanter AS, Bolinger BD, Mundis GM Jr, Nguyen S, Mummaneni PV, Anand N, Fessler RG, Passias PG, Park P, La Marca F, Uribe JS, Wang MY, Akbarnia BA, Shaffrey CI, Okonkwo DO; International Spine Study Group (ISSG). Reoperation rates in minimally invasive, hybrid and open surgical treatment for adult spinal deformity with minimum 2-year follow-up. *Eur Spine J*. 2016 Aug;25(8):2605-11. doi: 10.1007/s00586-016-4443-2. Epub 2016 Feb 24. PMID: 26909764.

122. Harada GK, Siyaji ZK, Mallow GM, Hornung AL, Hassan F, Basques BA, Mohammed HA, Sayari AJ, Samartzis D, An HS. Artificial intelligence predicts disk re-herniation following lumbar microdiscectomy: development of the "RAD" risk profile. *Eur Spine J*. 2021 Aug;30(8):2167-2175. doi: 10.1007/s00586-021-06866-5. Epub 2021 Jun 7. PMID: 34100112.

123. Hayashi T, Daubs MD, Suzuki A, Scott TP, Phan KH, Ruangchainikom M, Takahashi S, Shiba K, Wang JC. Motion characteristics and related factors of Modic changes in the lumbar spine. *J Neurosurg Spine*. 2015 May;22(5):511-7. doi: 10.3171/2014.10.SPINE14496. Epub 2015 Feb 20. PMID: 25700242.

124. Hayes M. A.; Howard T. C.; Gruel C. R.; Kopta J. A. Rentgenographic Evaluation of Lumbar Spine Flexion-Extension in Asymptomatic Individuals. *Spine*. 1989, 3, 14, 327-331.

125. Heindel P, Tuchman A, Hsieh PC, Pham MH, D'Oro A, Patel NN, Jakoi AM, Hah R, Liu JC, Buser Z, Wang JC. Reoperation Rates After Single-level Lumbar Discectomy. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017 Apr 15;42(8):E496-E501. doi: 10.1097/BRS.0000000000001855. PMID: 27548580.

126. Herkowitz HN, Kurz LT. Degenerative lumbar spondylolisthesis with spinal stenosis. A prospective study comparing decompression with decompression and intertransverse process arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am*. 1991 Jul;73(6):802-8. PMID: 2071615.

127. Hey HW, Lau ET, Lim JL, Choong DA, Tan CS, Liu GK, Wong HK. Slump sitting X-ray of the lumbar spine is superior to the conventional flexion view in assessing lumbar spine instability. *Spine J*. 2017 Mar;17(3):360-368. doi: 10.1016/j.spinee.2016.10.003. Epub 2016 Oct 17. PMID: 27765708.

128. Ho CN, Liao JC, Chen WJ. Instrumented Posterolateral fusion versus instrumented Interbody fusion for degenerative lumbar diseases in uremic patients under hemodialysis. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020 Dec 5;21(1):815. doi: 10.1186/s12891-020-03815-z. PMID: 33278885; PMCID: PMC7719258.

129. Holle H, Rein R. EasyDIAG: A tool for easy determination of interrater agreement. *Behav Res Methods*. 2015 Sep;47(3):837-47. doi: 10.3758/s13428-014-0506-7. PMID: 25106813.

130. How NE, Street JT, Dvorak MF, Fisher CG, Kwon BK, Paquette S, Smith JS, Shaffrey CI, Ailon T. Pseudarthrosis in adult and pediatric spinal deformity surgery: a systematic review of the literature and meta-analysis of incidence, characteristics, and risk factors. *Neurosurg Rev*. 2019 Jun;42(2):319-336. doi: 10.1007/s10143-018-0951-3. Epub 2018 Feb 6. PMID: 29411177.

131. Hoy D, March L, Brooks P, Blyth F, Woolf A, Bain C, Williams G, Smith E, Vos T, Barendregt J, Murray C, Burstein R, Buchbinder R. The global burden of low back pain: estimates from the Global Burden of Disease 2010 study. *Ann Rheum Dis*. 2014 Jun;73(6):968-74. doi: 10.1136/annrheumdis-2013-204428. Epub 2014 Mar 24. PMID: 24665116.

132. Hresko MT, Labelle H, Roussouly P, Berthonnaud E. Classification of high-grade spondylolistheses based on pelvic version and spine balance: possible rationale for reduction. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007 Sep 15;32(20):2208-13. doi: 10.1097/BRS.0b013e31814b2cee. PMID: 17873812.

133. Huang W, Han Z, Liu J, Yu L, Yu X. Risk Factors for Recurrent Lumbar Disc Herniation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2016 Jan;95(2):e2378. doi: 10.1097/MD.0000000000002378. PMID: 26765413; PMCID: PMC4718239.

134. Ilyas H, Savage J. Lumbar Disk Herniation and SPORT: A Review of the Literature. *Clin Spine Surg*. 2018 Nov;31(9):366-372. doi: 10.1097/BSD.0000000000000696. PMID: 30045110.

135. Ilyas H, Udo-Inyang I Jr, Savage J. Lumbar Spinal Stenosis and Degenerative Spondylolisthesis: A Review of the SPORT Literature. *Clin Spine Surg*. 2019 Aug;32(7):272-278. doi: 10.1097/BSD.0000000000000841. PMID: 31145150.

136. Inose H, Kato T, Sasaki M, Matsukura Y, Hirai T, Yoshii T, Kawabata S, Hirakawa A, Okawa A. Comparison of decompression, decompression plus fusion, and decompression plus stabilization: a long-term follow-up of a prospective, randomized study. *Spine J*. 2021 Dec 25:S1529-9430(21)01096-2. doi: 10.1016/j.spinee.2021.12.014. Epub ahead of print. PMID: 34963630.

137. Inose H, Kato T, Yuasa M, Yamada T, Maehara H, Hirai T, Yoshii T, Kawabata S, Okawa A. Comparison of Decompression, Decompression Plus Fusion, and Decompression Plus Stabilization for Degenerative Spondylolisthesis: A Prospective, Randomized Study. *Clin Spine Surg*. 2018 Aug;31(7):E347-E352. doi: 10.1097/BSD.0000000000000659. PMID: 29877872; PMCID: PMC6072383.

138. Inui T, Murakami M, Nagao N, Miyazaki K, Matsuda K, Tominaga Y, Kitano M, Hasegawa H, Tominaga S. Lumbar Degenerative Spondylolisthesis: Changes in Surgical Indications and Comparison of Instrumented Fusion With Two Surgical Decompression Procedures. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017 Jan 1;42(1):E15-E24. doi: 10.1097/BRS.0000000000001688. Erratum in: *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017 Aug 15;42(16):E992-E994. PMID: 27196020.

139. Irmola TM, Häkkinen A, Järvenpää S, Marttinen I, Vihtonen K, Neva M. Reoperation Rates Following Instrumented Lumbar Spine Fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2018 Feb 15;43(4):295-301. doi: 10.1097/BRS.0000000000002291. PMID: 28614279.

140. Iyer S, Lenke LG, Nemani VM, Albert TJ, Sides BA, Metz LN, Cunningham ME, Kim HJ. Variations in Sagittal Alignment Parameters Based on Age: A Prospective Study of Asymptomatic Volunteers Using Full-Body Radiographs. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2016 Dec 1;41(23):1826-1836. doi: 10.1097/BRS.0000000000001642. PMID: 27111763.
141. Jang W. Yoon, MD, MSc, and Michael Y. Wang, MD. The evolution of minimally invasive spine surgery. *J Neurosurg Spine* 30:149–158, 2019. <https://thejns.org/doi/abs/10.3171/2018.11.SPINE181215>
142. Kadam A, Wigner N, Saville P, Arlet V. Overpowering posterior lumbar instrumentation and fusion with hyperlordotic anterior lumbar interbody cages followed by posterior revision: a preliminary feasibility study. *J Neurosurg Spine*. 2017 Dec;27(6):650-660. doi: 10.3171/2017.5.SPINE16926. Epub 2017 Sep 29. PMID: 28960160.
143. Kang R, Li H, Lysdahl H, Quang Svend Le D, Chen M, Xie L, Bünger C. Cyanoacrylate medical glue application in intervertebral disc annulus defect repair: Mechanical and biocompatible evaluation. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2017 Jan;105(1):14-20. doi: 10.1002/jbm.b.33524. Epub 2015 Sep 15. PMID: 26372292.
144. Kelleher MO, Timlin M, Persaud O, Rampersaud YR. Success and failure of minimally invasive decompression for focal lumbar spinal stenosis in patients with and without deformity. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010 Sep 1;35(19):E981-7. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181c46fb4. PMID: 20386501.
145. Kepler CK, Hilibrand AS, Sayadipour A, Koerner JD, Rihn JA, Radcliff KE, Vaccaro AR, Albert TJ, Anderson DG. Clinical and radiographic degenerative spondylolisthesis (CARDS) classification. *Spine J*. 2015 Aug 1;15(8):1804-11. doi: 10.1016/j.spinee.2014.03.045. Epub 2014 Apr 3. PMID: 24704503.
146. Kepler CK, Hilibrand AS, Sayadipour A, Koerner JD, Rihn JA, Radcliff KE, Vaccaro AR, Albert TJ, Anderson DG. Clinical and radiographic degenerative

spondylolisthesis (CARDS) classification. *Spine J.* 2015 Aug 1;15(8):1804-11. doi: 10.1016/j.spinee.2014.03.045. Epub 2014 Apr 3. PMID: 24704503.

147. Kienzler JC, Rey S, Wetzel O, Atassi H, Bähler S, Burn F, Fandino J. Incidence and clinical impact of vertebral endplate changes after limited lumbar microdiscectomy and implantation of a bone-anchored annular closure device. *BMC Surg.* 2021 Jan 6;21(1):19. doi: 10.1186/s12893-020-01011-3. PMID: 33407349; PMCID: PMC7788762.

148. Kim BD, Hsu WK, De Oliveira GSJ, Saha S, Kim JYS. Operative duration as an independent risk factor for postoperative complications in single-level lumbar fusion: an analysis of 4588 surgical cases. *Spine (Phila Pa 1976)* 2014;39:510–20. doi:10.1097/BRS.0000000000000163.

149. Kim HJ, Bridwell KH, Lenke LG, Park MS, Song KS, Piyaskulkaew C, Chuntarapas T. Patients with proximal junctional kyphosis requiring revision surgery have higher postoperative lumbar lordosis and larger sagittal balance corrections. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2014 Apr 20;39(9):E576-80. doi: 10.1097/BRS.0000000000000246. PMID: 24480958.

150. Kim HJ, Iyer S. Proximal Junctional Kyphosis. *J Am Acad Orthop Surg.* 2016 May;24(5):318-26. doi: 10.5435/JAAOS-D-14-00393. PMID: 26982965.

151. Kim JM, Lee SH, Ahn Y, et al. Recurrence after successful percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *Minim Invasive Neurosurg* 2007;50:82–5.

152. Kim KT, Park SW, Kim YB. Disc height and segmental motion as risk factors for recurrent lumbar disc herniation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009 Nov 15;34(24):2674-8. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181b4aaac. PMID: 19910771.

153. Kirkaldy-Willis W.H. Presidential Symposium on Instability of the Lumbar Spine. *Spine.* 10(3):254, April 1985.

154. Klimov V, Evsyukov A, Amelina E, Ryabykh S, Simonovich A. Predictors of Complications and Unfavorable Outcomes of Minimally Invasive Surgery Treatment in Elderly Patients With Degenerative Lumbar Spine Pathologies

(Case Series). *Front Surg*. 2022 Apr 26;9:869345. doi: 10.3389/fsurg.2022.869345. PMID: 35558384; PMCID: PMC9086490.

155. Kobayashi H, Endo K, Sawaji Y, Matsuoka Y, Nishimura H, Murata K, Takamatsu T, Suzuki H, Aihara T, Yamamoto K. Global sagittal spinal alignment in patients with degenerative low-grade lumbar spondylolisthesis. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2019 Sep-Dec;27(3):2309499019885190. doi: 10.1177/2309499019885190. PMID: 31714180.

156. Konovalov NA, Nazarenko AG, Krut'ko AV, Glukhikh DL, Durni P, Duris M, Korol' O, Asyutin DS, Solenkova AV, Martynova MA. Rezul'taty khirurgicheskogo lecheniia nestabil'nosti pozvonochno-dvigatel'nogo segmenta poiasnichnogo otdela pozvonochnika [Results of surgical treatment for lumbar spine segmental instability]. *Zh Vopr Neurokhir Im N N Burdenko*. 2017;81(6):69-80. Russian. doi: 10.17116/neiro201781669-80. PMID: 29393289.

157. Kottner J, Audigé L, Brorson S, Donner A, Gajewski BJ, Hróbjartsson A, Roberts C, Shoukri M, Streiner DL. Guidelines for Reporting Reliability and Agreement Studies (GRRAS) were proposed. *J Clin Epidemiol*. 2011 Jan;64(1):96-106. doi: 10.1016/j.jclinepi.2010.03.002. Epub 2010 Jun 17. PMID: 21130355.

158. Kreiner DS, Hwang SW, Easa JE, Resnick DK, Baisden JL, Bess S, et al. An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of lumbar disc herniation with radiculopathy. *Spine J*. 2014;14(1):180–91. doi:10.1016/j.spinee.2013.08.003

159. Kwan KYH, Lenke LG, Shaffrey CI, Carreon LY, Dahl BT, Fehlings MG, Ames CP, Boachie-Adjei O, Dekutoski MB, Kebaish KM, Lewis SJ, Matsuyama Y, Mehdian H, Qiu Y, Schwab FJ, Cheung KMC; AO Spine Knowledge Forum Deformity. Are Higher Global Alignment and Proportion Scores Associated With Increased Risks of Mechanical Complications After Adult Spinal Deformity Surgery? An External Validation. *Clin Orthop Relat Res*. 2021 Feb 1;479(2):312-320. doi: 10.1097/CORR.0000000000001521. PMID: 33079774; PMCID: PMC7899533.

160. Kyoung-Tae Kim, Seung-Won Park, and Young-Baeg Kim. Disc Height and Segmental Motion as Risk Factors for Recurrent Lumbar Disc Herniation // SPINE 2009. Volume 34, Number 24, pp 2674–2678
161. Labelle H, Mac-Thiong JM, Roussouly P. Spino-pelvic sagittal balance of spondylolisthesis: a review and classification. *Eur Spine J*. 2011 Sep;20 Suppl 5(Suppl 5):641-6. doi: 10.1007/s00586-011-1932-1. Epub 2011 Aug 2. PMID: 21809015; PMCID: PMC3175928.
162. Lafage R, Schwab F, Challier V, Henry JK, Gum J, Smith J, Hostin R, Shaffrey C, Kim HJ, Ames C, Scheer J, Klineberg E, Bess S, Burton D, Lafage V; International Spine Study Group. Defining Spino-Pelvic Alignment Thresholds: Should Operative Goals in Adult Spinal Deformity Surgery Account for Age? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2016 Jan;41(1):62-8. doi: 10.1097/BRS.0000000000001171. PMID: 26689395.
163. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977 Mar;33(1):159-74. PMID: 843571.
164. Le Huec JC, Hasegawa K. Normative values for the spine shape parameters using 3D standing analysis from a database of 268 asymptomatic Caucasian and Japanese subjects. *Eur Spine J*. 2016 Nov;25(11):3630-3637. doi: 10.1007/s00586-016-4485-5. Epub 2016 Mar 7. PMID: 26951168.
165. Le Huec JC, Leijssen P, Duarte M, Aunoble S. Thoracolumbar imbalance analysis for osteotomy planification using a new method: FBI technique. *Eur Spine J*. 2011 Sep;20 Suppl 5(Suppl 5):669-80. doi: 10.1007/s00586-011-1935-y. Epub 2011 Aug 5. PMID: 21818597; PMCID: PMC3175920.
166. Le Huec JC, Thompson W, Mohsinaly Y, Barrey C, Faundez A. Sagittal balance of the spine. *Eur Spine J*. 2019 Sep;28(9):1889-1905. doi: 10.1007/s00586-019-06083-1. Epub 2019 Jul 22. Erratum in: *Eur Spine J*. 2019 Aug 26;; PMID: 31332569.
167. Lee S, Lee JW, Yeom JS, Kim KJ, Kim HJ, Chung SK, Kang HS. A practical MRI grading system for lumbar foraminal stenosis. *AJR Am J Roentgenol*. 2010 Apr;194(4):1095-8. doi: 10.2214/AJR.09.2772. PMID: 20308517.

168. Lee YC, Lee R. Minimal invasive surgical algorithm for revision lumbar spinal surgery. *J Spine Surg.* 2019 Dec;5(4):413-424. doi: 10.21037/jss.2019.09.08. PMID: 32042991; PMCID: PMC6989936.

169. Lertudomphonwanit T, Kelly MP, Bridwell KH, Lenke LG, McAnany SJ, Punyarat P, Bryan TP, Buchowski JM, Zebala LP, Sides BA, Steger-May K, Gupta MC. Rod fracture in adult spinal deformity surgery fused to the sacrum: prevalence, risk factors, and impact on health-related quality of life in 526 patients. *Spine J.* 2018 Sep;18(9):1612-1624. doi: 10.1016/j.spinee.2018.02.008. Epub 2018 Feb 28. PMID: 29501749.

170. Leschke JM, Chen CC. Supplementing decompression with instrumented fusion for symptomatic lumbar spinal stenosis-a critical appraisal of available randomized controlled trials. *Neurosurg Rev.* 2021 Apr;44(2):643-648. doi: 10.1007/s10143-020-01270-x. Epub 2020 Mar 2. PMID: 32124116.

171. Leveque JC, Yanamadala V, Buchlak QD, Sethi RK. Correction of severe spinopelvic mismatch: decreased blood loss with lateral hyperlordotic interbody grafts as compared with pedicle subtraction osteotomy. *Neurosurgical Focus.* 2017 Aug;43(2):E15. doi: 10.3171/2017.5.FOCUS17195.

172. Lewin AM, Fearnside M, Kuru R, Jonker BP, Naylor JM, Sheridan M, Harris IA. Rates, costs, return to work and reoperation following spinal surgery in a workers' compensation cohort in New South Wales, 2010-2018: a cohort study using administrative data. *BMC Health Serv Res.* 2021 Sep 11;21(1):955. doi: 10.1186/s12913-021-06900-8. PMID: 34511093; PMCID: PMC8436510.

173. Li WS, Yan Q, Cong L. Comparison of Endoscopic Discectomy Versus Non-Endoscopic Discectomy for Symptomatic Lumbar Disc Herniation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Global Spine J.* 2021 Aug 17:21925682211020696. doi: 10.1177/21925682211020696. Epub ahead of print. PMID: 34402320.

174. Li Y, Wang B, Li H, Chang X, Wu Y, Hu Z, Liu C, Gao X, Zhang Y, Liu H, Li Y, Li C. Adjuvant surgical decision-making system for lumbar

intervertebral disc herniation after percutaneous endoscopic lumbar discectomy: a retrospective nonlinear multiple logistic regression prediction model based on a large sample. *Spine J.* 2021 Dec;21(12):2035-2048. doi: 10.1016/j.spinee.2021.07.012. Epub 2021 Jul 20. PMID: 34298160.

175. Liu FY, Wang T, Yang SD, Wang H, Yang DL, Ding WY. Incidence and risk factors for proximal junctional kyphosis: a meta-analysis. *Eur Spine J.* 2016 Aug;25(8):2376-83. doi: 10.1007/s00586-016-4534-0. Epub 2016 Mar 19. PMID: 26994925.

176. Lu VM, Kerezoudis P, Gilder HE, McCutcheon BA, Phan K, Bydon M. Minimally Invasive Surgery Versus Open Surgery Spinal Fusion for Spondylolisthesis: A Systematic Review and Meta-analysis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2017 Feb;42(3):E177-E185. doi: 10.1097/BRS.0000000000001731. PMID: 27285899.

177. Maddox J.J., Pruitt DR, Agel J, Bransford RJ. Unstaged versus staged posterior-only thoracolumbar fusions in deformity: A retrospective comparison of perioperative complications. *Spine J* 2014;14:1159–65. doi:10.1016/j.spinee.2013.07.485.

178. Makino T, Takenaka S, Sakai Y, Yoshikawa H, Kaito T. Comparison of Short-Term Radiographical and Clinical Outcomes After Posterior Lumbar Interbody Fusion With a 3D Porous Titanium Alloy Cage and a Titanium-Coated PEEK Cage. *Glob Spine J.* 2020 Nov 18;219256822097233. doi:10.1177/2192568220972334

179. Marchetti P.G., Bartolozzi P. Classification of spondylolisthesis as a guideline for treatment // In: Bridwell K.H., DeWald R.L., eds. *The Textbook of Spinal Surgery*. Vol. 2. Philadelphia, 1997. P. 1211–1254.

180. Marques MF, Fiere V, Obeid I, Charles YP, El-Youssef K, Lahoud A, Faddoul J, Ferrero E, Riouallon G, Silvestre C, Le Huec JC, Kieser D, Boissiere L; Société Française de Chirurgie Rachidienne, SFCR. Pseudarthrosis in adult spine deformity surgery: risk factors and treatment options. *Eur Spine J.* 2021

Nov;30(11):3225-3232. doi: 10.1007/s00586-021-06861-w. Epub 2021 May 5. PMID: 33950287.

181. Martin BI, Deyo RA, Mirza SK, Turner JA, Comstock BA, Hollingworth W, Sullivan SD. Expenditures and health status among adults with back and neck problems. *JAMA*. 2008 Feb 13;299(6):656-64. doi: 10.1001/jama.299.6.656. Erratum in: *JAMA*. 2008 Jun 11;299(22):2630. PMID: 18270354.

182. Martin BI, Mirza SK, Comstock BA, Gray DT, Kreuter W, Deyo RA. Reoperation rates following lumbar spine surgery and the influence of spinal fusion procedures. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007 Feb 1;32(3):382-7. doi: 10.1097/01.brs.0000254104.55716.46. PMID: 17268274.

183. Martini C, Langella F, Mazzucchelli L, Lamartina C. Revision strategies for failed adult spinal deformity surgery. *Eur Spine J*. 2020 Feb;29(Suppl 1):116-125. doi: 10.1007/s00586-019-06283-9. Epub 2020 Jan 11. PMID: 31927623.

184. Matz PG, Meagher RJ, Lamer T, Tontz WL Jr, Annaswamy TM, Cassidy RC, Cho CH, Dougherty P, Easa JE, Enix DE, Gunnoe BA, Jallo J, Julien TD, Maserati MB, Nucci RC, O'Toole JE, Rosolowski K, Sembrano JN, Villavicencio AT, Witt JP. Guideline summary review: An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of degenerative lumbar spondylolisthesis. *Spine J*. 2016 Mar;16(3):439-48. doi: 10.1016/j.spinee.2015.11.055. Epub 2015 Dec 8. PMID: 26681351.

185. Measures of adult pain: Visual Analog Scale for Pain (VAS Pain), Numeric Rating Scale for Pain (NRS Pain), McGill Pain Questionnaire (MPQ), Short-Form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ), Chronic Pain Grade Scale / G. A. Hawker, S. Mian, T. Kendzerska, M. French // *Arthritis Care Res. (Hoboken)*. – 2011. – Vol. 63. – № S11. – P. S240–S252.

186. Mehren C, Wanke-Jellinek L, Korge A. Revision after failed discectomy. *Eur Spine J*. 2020 Feb;29(Suppl 1):14-21. doi: 10.1007/s00586-019-06194-9. Epub 2019 Oct 29. PMID: 31664564.

187. Merrill RK, Kim JS, Leven DM, Kim JH, Cho SK. Multi-Rod Constructs Can Prevent Rod Breakage and Pseudarthrosis at the Lumbosacral Junction in Adult

Spinal Deformity. *Global Spine J.* 2017 Sep;7(6):514-520. doi: 10.1177/2192568217699392. Epub 2017 Apr 11. PMID: 28894680; PMCID: PMC5582710.

188. Miller LE, Allen RT, Duhon B, Radcliff KE. Expert review with meta-analysis of randomized and nonrandomized controlled studies of Barricaid annular closure in patients at high risk for lumbar disc reherniation. *Expert Rev Med Devices.* 2020 May;17(5):461-469. doi: 10.1080/17434440.2020.1745061. Epub 2020 Apr 1. PMID: 32237917.

189. Mirza SK, Deyo RA, Heagerty PJ, Konodi MA, Lee LA, Turner JA, et al. Development of an Index to Characterize the “Invasiveness” of Spine Surgery. *Spine (Phila Pa 1976).* 2008 Nov;33(24):2651–61. doi:10.1097/BRS.0b013e31818dad07

190. Modic MT, Steinberg PM, Ross JS, Masaryk TJ, Carter JR. Degenerative disk disease: assessment of changes in vertebral body marrow with MR imaging. *Radiology.* 1988 Jan;166(1 Pt 1):193-9. doi: 10.1148/radiology.166.1.3336678. PMID: 3336678.

191. Moisi M, Page J, Paulson D, Oskouian RJ. Technical Note - Lateral Approach to the Lumbar Spine for the Removal of Interbody Cages. *Cureus.* 2015 May 11;7(5):e268. doi: 10.7759/cureus.268. PMID: 26180692; PMCID: PMC4494582.

192. Moliterno JA, Knopman J, Parikh K, Cohan JN, Huang QD, Aaker GD, Grivoyannis AD, Patel AR, Härtl R, Boockvar JA. Results and risk factors for recurrence following single-level tubular lumbar microdiscectomy. *J Neurosurg Spine.* 2010 Jun;12(6):680-6. doi: 10.3171/2009.12.SPINE08843. PMID: 20515355.

193. Mulholland RC. The myth of lumbar instability: the importance of abnormal loading as a cause of low back pain. *Eur Spine J.* 2008 May;17(5):619-25. doi: 10.1007/s00586-008-0612-2. Epub 2008 Feb 27. PMID: 18301932; PMCID: PMC2367421.

194. Mummaneni PV, Park P, Shaffrey CI, Wang MY, Uribe JS, Fessler RG, Chou D, Kanter AS, Okonkwo DO, Mundis GM, Eastlack RK, Nunley PD, Anand N,

Virk MS, Lenke LG, Than KD, Robinson LC, Fu KM; International Spine Study Group (ISSG). The MISDEF2 algorithm: an updated algorithm for patient selection in minimally invasive deformity surgery. *J Neurosurg Spine*. 2019 Oct 25;32(2):221-228. doi: 10.3171/2019.7.SPINE181104. PMID: 31653809.

195. Mummaneni PV, Shaffrey CI, Lenke LG, Park P, Wang MY, La Marca F, Smith JS, Mundis GM Jr, Okonkwo DO, Moal B, Fessler RG, Anand N, Uribe JS, Kanter AS, Akbarnia B, Fu KM; Minimally Invasive Surgery Section of the International Spine Study Group. The minimally invasive spinal deformity surgery algorithm: a reproducible rational framework for decision making in minimally invasive spinal deformity surgery. *Neurosurg Focus*. 2014 May;36(5):E6. doi: 10.3171/2014.3.FOCUS1413. PMID: 24785488.

196. Mummaneni PV, Whitmore RG, Curran JN, Ziewacz JE, Wadhwa R, Shaffrey CI, Asher AL, Heary RF, Cheng JS, Hurlbert RJ, Douglas AF, Smith JS, Malhotra NR, Dante SJ, Magge SN, Kaiser MG, Abbed KM, Resnick DK, Ghogawala Z. Cost-effectiveness of lumbar discectomy and single-level fusion for spondylolisthesis: experience with the NeuroPoint-SD registry. *Neurosurg Focus*. 2014 Jun;36(6):E3. doi: 10.3171/2014.3.FOCUS1450. PMID: 24881635.

197. Mundis GM Jr, Turner JD, Kabirian N, Pawelek J, Eastlack RK, Uribe J, Klineberg E, Bess S, Ames C, Deviren V, Nguyen S, Lafage V, Akbarnia BA; International Spine Study Group. Anterior Column Realignment has Similar Results to Pedicle Subtraction Osteotomy in Treating Adults with Sagittal Plane Deformity. *World Neurosurg*. 2017 Sep;105:249-256. doi: 10.1016/j.wneu.2017.05.122. Epub 2017 May 27. PMID: 28559074.

198. Noh SH, Kim KH, Park JY, Kuh SU, Kim KS, Cho YE, Chin DK. Characteristics and Risk Factors of Rod Fracture Following Adult Spinal Deformity Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Neurospine*. 2021 Sep;18(3):447-454. doi: 10.14245/ns.2040832.416. Epub 2021 Sep 30. PMID: 34610673; PMCID: PMC8497260.

199. Obeid I, Boissière L, Yilgor C, Larrieu D, Pellisé F, Alanay A, Acaroglu E, Perez-Grueso FJ, Kleinstück F, Vital JM, Bourghli A; European Spine Study Group, ESSG. Global tilt: a single parameter incorporating spinal and pelvic sagittal parameters and least affected by patient positioning. *Eur Spine J*. 2016 Nov;25(11):3644-3649. doi: 10.1007/s00586-016-4649-3. Epub 2016 Jun 20. PMID: 27323962.
200. Ochia RS, Inoue N, Renner SM, Lorenz EP, Lim TH, Andersson GB, An HS. Three-dimensional in vivo measurement of lumbar spine segmental motion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006 Aug 15;31(18):2073-8. doi: 10.1097/01.brs.0000231435.55842.9e. PMID: 16915091.
201. Oster BA, Kikanloo SR, Levine NL, Lian J, Cho W. Systematic Review of Outcomes Following 10-Year Mark of Spine Patient Outcomes Research Trial for Intervertebral Disc Herniation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2020 Jun 15;45(12):825-831. doi: 10.1097/BRS.0000000000003400. PMID: 32004232.
202. Oster BA, Kikanloo SR, Levine NL, Lian J, Cho W. Systematic Review of Outcomes Following 10-year Mark of Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT) for Spinal Stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2020 Jun 15;45(12):832-836. doi: 10.1097/BRS.0000000000003323. PMID: 31770345.
203. Oster BA, Kikanloo SR, Levine NL, Lian J, Cho W. Systematic Review of Outcomes Following 10-Year Mark of Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT) for Degenerative Spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2020 Jun 15;45(12):820-824. doi: 10.1097/BRS.0000000000003485. PMID: 32205705.
204. Osterman H, Sund R, Seitsalo S, Keskimäki I. Risk of multiple reoperations after lumbar discectomy: a population-based study. *Spine* 2003;28:621–7.
205. Owens RK 2nd, Djurasovic M, Crawford CH 3rd, Glassman SD, Dimar JR 2nd, Carreon LY. Impact of Surgical Approach on Clinical Outcomes in the Treatment of Lumbar Pseudarthrosis. *Global Spine J*. 2016 Dec;6(8):786-791. doi:

10.1055/s-0036-1582390. Epub 2016 Apr 6. PMID: 27853663; PMCID: PMC5110356.

206. Parker SL, Adogwa O, Paul AR, Anderson WN, Aaronson O, Cheng JS, McGirt MJ. Utility of minimum clinically important difference in assessing pain, disability, and health state after transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative lumbar spondylolisthesis. *J Neurosurg Spine*. 2011 May;14(5):598-604. doi: 10.3171/2010.12.SPINE10472. Epub 2011 Feb 18. PMID: 21332281.

207. Passias PG, Klineberg EO, Jalai CM, Worley N, Poorman GW, Line B, Oh C, Burton DC, Kim HJ, Sciubba DM, Hamilton DK, Ames CP, Smith JS, Shaffrey CI, Lafage V, Bess S; International Spine Study Group. Hospital Readmission Within 2 Years Following Adult Thoracolumbar Spinal Deformity Surgery: Prevalence, Predictors, and Effect on Patient-derived Outcome Measures. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2016 Sep;41(17):1355-1364. doi: 10.1097/BRS.0000000000001552. PMID: 26967123.

208. Peter G Passias, Gregory W Poorman, Cyrus M Jalai, Breton Line, Bassel Diebo, Paul Park, Robert Hart, Douglas Burton, Frank Schwab, Virginie Lafage, Shay Bess, Thomas Errico, International Spine Study Group. Outcomes of open staged corrective surgery in the setting of adult spinal deformity. *Spine J*. 2017 Aug;17(8):1091-1099. doi: 10.1016/j.spinee.2017.03.012.

209. Pfirrmann CW, Metzdorf A, Zanetti M, Hodler J, Boos N. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001 Sep 1;26(17):1873-8. doi: 10.1097/00007632-200109010-00011. PMID: 11568697.

210. Pieper CC, Groetz SF, Nadal J, Schild HH, Niggemann PD. Radiographic evaluation of ventral instability in lumbar spondylolisthesis: do we need extension radiographs in routine exams? *Eur Spine J*. 2014 Jan;23(1):96-101. doi: 10.1007/s00586-013-2932-0. Epub 2013 Aug 4. PMID: 23912887; PMCID: PMC3897819.

211. Pizones J, Moreno-Manzanaro L, Sánchez Pérez-Grueso FJ, Vila-Casademunt A, Yilgor C, Obeid I, Alanay A, Kleinstück F, Acaroglu ER, Pellisé F; ESSG European Spine Study Group. Restoring the ideal Roussouly sagittal profile in adult scoliosis surgery decreases the risk of mechanical complications. *Eur Spine J*. 2020 Jan;29(1):54-62. doi: 10.1007/s00586-019-06176-x. Epub 2019 Oct 22.

212. Pizones J, Perez-Grueso FJS, Moreno-Manzanaro L, Vila-Casademunt A, Boissiere L, Yilgor C, Fernández-Baíllo N, Sánchez-Márquez JM, Talavera G, Kleinstück F, Acaroglu ER, Alanay A, Pellisé F, Obeid I; ESSG (European Spine Study Group). Ideal sagittal profile restoration and ideal lumbar apex positioning play an important role in postoperative mechanical complications after a lumbar PSO. *Spine Deform*. 2020 Jun;8(3):491-498. doi: 10.1007/s43390-019-00005-3. Epub 2020 Jan 8. PMID: 31925761.

213. Qureshi R, Puvanesarajah V, Jain A, Kebaish K, Shimer A, Shen F, Hassanzadeh H. Cost Implications of Primary Versus Revision Surgery in Adult Spinal Deformity. *World Neurosurg*. 2017 Aug;104:68-73. doi: 10.1016/j.wneu.2017.05.002. Epub 2017 May 11. PMID: 28502681.

214. Rajaei S S, L E A Kanim, H W Bae. National trends in revision spinal fusion in the USA: patient characteristics and complications *Bone Joint J*. 2014 Jun;96-B(6):807-16. doi: 10.1302/0301-620X.96B6.31149.

215. Ravindra V. M. Degenerative Lumbar Spine Disease: Estimating Global Incidence and Worldwide Volume / V. M. Ravindra, S. S. Senglaub, A. Rattani [et al.] // *Glob. Spine J*. – 2018. – Vol. 8. – № 8. – P. 784–794.

216. Redaelli A, Berjano P, Aebi M. Focal disorders of the spine with compensatory deformities: how to define them. *Eur Spine J*. 2018 Feb;27(Suppl 1):59-69. doi: 10.1007/s00586-018-5501-8. Epub 2018 Jan 30. PMID: 29383486.

217. Redaelli A, Pun A, Aebi M. The problems associated with revision surgery. *Eur Spine J*. 2020 Feb;29(Suppl 1):2-5. doi: 10.1007/s00586-019-06221-9. Epub 2019 Nov 16. PMID: 31734807.

218. Roitberg B, Zileli M, Sharif S, Anania C, Fornari M, Costa F. Mobility-Preserving Surgery for Lumbar Spinal Stenosis: WFNS Spine Committee Recommendations. *World Neurosurg* X. 2020 Mar 19;7:100078. doi: 10.1016/j.wnsx.2020.100078. PMID: 32613191; PMCID: PMC7322805.

219. Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, Dimnet J. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005 Feb 1;30(3):346-53. doi: 10.1097/01.brs.0000152379.54463.65. PMID: 15682018.

220. Roussouly P, Pinheiro-Franco JL. Biomechanical analysis of the spino-pelvic organization and adaptation in pathology. *Eur Spine J*. 2011 Sep;20 Suppl 5(Suppl 5):609-18. doi: 10.1007/s00586-011-1928-x. Epub 2011 Aug 2. PMID: 21809016; PMCID: PMC3175914.

221. Sadrameli SS, Davidov V, Lee JJ, Huang M, Kizek DJ, Mambelli D, Rajendran S, Barber SM, Holman PJ. Hybrid Anterior Column Realignment-Pedicle Subtraction Osteotomy for Severe Rigid Sagittal Deformity. *World Neurosurg*. 2021 Jul;151:e308-e316. doi: 10.1016/j.wneu.2021.04.028. Epub 2021 Apr 16. PMID: 33872839.

222. Saghari Fard MR, Krueger JP, Stich S, Berger P, Köhl AA, Sittlinger M, Hartwig T, Endres M. A Biodegradable Polymeric Matrix for the Repair of Annulus Fibrosus Defects in Intervertebral Discs. *Tissue Eng Regen Med*. 2022 Dec;19(6):1311-1320. doi: 10.1007/s13770-022-00466-0. Epub 2022 Jul 11. PMID: 35816226; PMCID: PMC9679066.

223. Sanginov A, Krutko A, Leonova O, Peleganchuk A. Bone resorption around the annular closure device during a postoperative follow-up of 8 years. *Acta Neurochir (Wien)*. 2024 Jan 27;166(1):40. doi: 10.1007/s00701-024-05930-5. PMID: 38280105.

224. Satava RM. Identification and reduction of surgical error using simulation. *Minim Invasive Ther Allied Technol*. 2005;14(4):257-61. doi: 10.1080/13645700500274112. PMID: 16754172.

225. Schizas C, Theumann N, Burn A, Tansey R, Wardlaw D, Smith FW, Kulik G. Qualitative grading of severity of lumbar spinal stenosis based on the morphology of the dural sac on magnetic resonance images. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010 Oct 1;35(21):1919-24. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181d359bd. PMID: 20671589.

226. Schizas C, Theumann N, Burn A, Tansey R, Wardlaw D, Smith FW, Kulik G. Qualitative grading of severity of lumbar spinal stenosis based on the morphology of the dural sac on magnetic resonance images. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010 Oct 1;35(21):1919-24. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181d359bd. PMID: 20671589.

227. Schöller K, Alimi M, Cong GT, Christos P, Härtl R. Lumbar Spinal Stenosis Associated With Degenerative Lumbar Spondylolisthesis: A Systematic Review and Meta-analysis of Secondary Fusion Rates Following Open vs Minimally Invasive Decompression. *Neurosurgery*. 2017 Mar 1;80(3):355-367. doi: 10.1093/neuros/nyw091. PMID: 28362963.

228. Schroeder GD, Kepler CK, Kurd MF, Vaccaro AR, Hsu WK, Patel AA, Savage JW. Rationale for the Surgical Treatment of Lumbar Degenerative Spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2015 Nov;40(21):E1161-6. doi: 10.1097/BRS.0000000000001116. PMID: 26274525.

229. Schroeder GD, Kurd MF, Vaccaro AR. Lumbar Spinal Stenosis: How Is It Classified? *J Am Acad Orthop Surg*. 2016 Dec;24(12):843-852. doi: 10.5435/JAAOS-D-15-00034. PMID: 27849674.

230. Schwab F, Blondel B, Chay E, Demakakos J, Lenke L, Tropiano P, Ames C, Smith JS, Shaffrey CI, Glassman S, Farcy JP, Lafage V. The comprehensive anatomical spinal osteotomy classification. *Neurosurgery*. 2014 Jan;74(1):112-20; discussion 120. doi: 10.1227/NEU.0000000000000182o. PMID: 24356197.

231. Schwab F, Dubey A, Gamez L, El Fegoun AB, Hwang K, Pagala M, Farcy JP. Adult scoliosis: prevalence, SF-36, and nutritional parameters in an elderly

volunteer population. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005 May 1;30(9):1082-5. doi: 10.1097/01.brs.0000160842.43482.cd. PMID: 15864163.

232. Schwab F, Patel A, Ungar B, Farcy JP, Lafage V. Adult spinal deformity-postoperative standing imbalance: how much can you tolerate? An overview of key parameters in assessing alignment and planning corrective surgery. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010 Dec 1;35(25):2224-31. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181ee6bd4. PMID: 21102297.

233. Schwab F, Ungar B, Blondel B, Buchowski J, Coe J, Deinlein D, DeWald C, Mehdian H, Shaffrey C, Tribus C, Lafage V. Scoliosis Research Society-Schwab adult spinal deformity classification: a validation study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012 May 20;37(12):1077-82. doi: 10.1097/BRS.0b013e31823e15e2. PMID: 22045006.

234. Schwab FJ, Blondel B, Bess S, Hostin R, Shaffrey CI, Smith JS, Boachie-Adjei O, Burton DC, Akbarnia BA, Mundis GM, Ames CP, Kebaish K, Hart RA, Farcy JP, Lafage V; International Spine Study Group (ISSG). Radiographical spinopelvic parameters and disability in the setting of adult spinal deformity: a prospective multicenter analysis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013 Jun 1;38(13):E803-12. doi: 10.1097/BRS.0b013e318292b7b9. PMID: 23722572.

235. Sean S Rajaei, Hyun W Bae, Linda E A Kanim, Rick B Delamarter. Spinal fusion in the United States: analysis of trends from 1998 to 2008 *Spine (Phila Pa 1976)* . 2012 Jan 1;37(1):67-76. doi: 10.1097/BRS.0b013e31820cccfb.

236. Sharma A, Pourtaheri S, Savage J, Kalfas I, Mroz TE, Benzel EC, Steinmetz MP. The Utility of Preoperative Magnetic Resonance Imaging for Determining the Flexibility of Sagittal Imbalance. *Neurosurgery*. 2018 Sep 1;83(3):465-470. doi: 10.1093/neuros/nyx431. PMID: 28973386.

237. Sherif S, Arlet V. Revision surgery for non-union in adult spinal deformity. *Eur Spine J*. 2020 Feb;29(Suppl 1):103-115. doi: 10.1007/s00586-020-06331-9. Epub 2020 Feb 11. PMID: 32048051.

238. Shi R, Wang F, Hong X, Wang Y, Bao J, Liu L, et al. Comparison of percutaneous endoscopic lumbar discectomy versus microendoscopic discectomy for

the treatment of lumbar disc herniation : a meta-analysis. *Int Orthop*. 2019;43(4):923–37.

239. Shin KH, Chang HG, Rhee NK, Lim KS. Revisional percutaneous full endoscopic disc surgery for recurrent herniation of previous open lumbar discectomy. *Asian Spine J*. 2011 Mar;5(1):1-9. doi: 10.4184/asj.2011.5.1.1. Epub 2011 Mar 2. PMID: 21386940; PMCID: PMC3047892.

240. Shufflebarger H, Grimm J, Bui V, Thomson J. Anterior and Posterior Spinal Fusion Staged Versus Same-Day Surgery 1990:930–3.

241. Simmonds AM, Rampersaud YR, Dvorak MF, Dea N, Melnyk AD, Fisher CG. Defining the inherent stability of degenerative spondylolisthesis: a systematic review. *J Neurosurg Spine*. 2015 Aug;23(2):178-89. doi: 10.3171/2014.11.SPINE1426. Epub 2015 May 15. PMID: 25978079.

242. Simmons ED. Surgical treatment of patients with lumbar spinal stenosis with associated scoliosis. *Clin Orthop Relat Res*. 2001 Mar;(384):45-53. doi: 10.1097/00003086-200103000-00007. PMID: 11249179.

243. Smith JS, Shaffrey E, Klineberg E, Shaffrey CI, Lafage V, Schwab FJ, Protopsaltis T, Scheer JK, Mundis GM Jr, Fu KM, Gupta MC, Hostin R, Deviren V, Kebaish K, Hart R, Burton DC, Line B, Bess S, Ames CP; International Spine Study Group. Prospective multicenter assessment of risk factors for rod fracture following surgery for adult spinal deformity. *J Neurosurg Spine*. 2014 Dec;21(6):994-1003. doi: 10.3171/2014.9.SPINE131176. Epub 2014 Oct 17. PMID: 25325175.

244. Snoddy MC, Sielatycki JA, Sivaganesan A, Engstrom SM, McGirt MJ, Devin CJ. Can facet joint fluid on MRI and dynamic instability be a predictor of improvement in back pain following lumbar fusion for degenerative spondylolisthesis? *Eur Spine J*. 2016 Aug;25(8):2408-15. doi: 10.1007/s00586-016-4525-1. Epub 2016 Apr 22. PMID: 27106489.

245. Spina N, Schoutens C, Martin BI, Brodke DS, Lawrence B, Spiker WR. Defining Instability in Degenerative Spondylolisthesis: Surgeon Views. *Clin Spine*

Surg. 2019 Dec;32(10):E434-E439. doi: 10.1097/BSD.0000000000000874. PMID: 31490244; PMCID: PMC6889058.

246. Steurer J, Roner S, Gnannt R, Hodler J; LumbSten Research Collaboration. Quantitative radiologic criteria for the diagnosis of lumbar spinal stenosis: a systematic literature review. *BMC Musculoskelet Disord*. 2011 Jul 28;12:175. doi: 10.1186/1471-2474-12-175. PMID: 21798008; PMCID: PMC3161920.

247. Stokes IA, Frymoyer JW. Segmental motion and instability. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1987 Sep;12(7):688-91. doi: 10.1097/00007632-198709000-00009. PMID: 2961083.

248. Tacconi L, Signorelli F, Giordan E. Is Full Endoscopic Lumbar Discectomy Less Invasive Than Conventional Surgery? A Randomized MRI Study. *World Neurosurg*. 2020 Jun;138:e867-e875. doi: 10.1016/j.wneu.2020.03.123. Epub 2020 Apr 3. PMID: 32251813.

249. Tan GH, Goss BG, Thorpe PJ, Williams RP. CT-based classification of long spinal allograft fusion. *Eur Spine J*. 2007 Nov;16(11):1875-81. doi: 10.1007/s00586-007-0376-0. Epub 2007 May 12. PMID: 17497188; PMCID: PMC2223338.

250. Thomé C, Klassen PD, Bouma GJ, Kuršumović A, Fandino J, Barth M, Arts M, van den Brink W, Bostelmann R, Hegewald A, Heidecke V, Vajkoczy P, Fröhlich S, Wolfs J, Assaker R, Van de Kelft E, Köhler HP, Jadik S, Eustacchio S, Hes R, Martens F; Annular Closure RCT Study Group. Annular closure in lumbar microdiscectomy for prevention of reherniation: a randomized clinical trial. *Spine J*. 2018 Dec;18(12):2278-2287. doi: 10.1016/j.spinee.2018.05.003. Epub 2018 May 3. PMID: 29730458.

251. Thomé C, Klassen PD, Bouma GJ, Kuršumović A, Fandino J, Barth M, Arts M, van den Brink W, Bostelmann R, Hegewald A, Heidecke V, Vajkoczy P, Fröhlich S, Wolfs J, Assaker R, Van de Kelft E, Köhler HP, Jadik S, Eustacchio S, Hes R, Martens F; Annular Closure RCT Study Group. Annular closure in lumbar microdiscectomy for prevention of reherniation: a randomized clinical trial. *Spine J*.

2018 Dec;18(12):2278-2287. doi: 10.1016/j.spinee.2018.05.003. Epub 2018 May 3. PMID: 29730458.

252. Thomé C, Kuršumovic A, Klassen PD, Bouma GJ, Bostelmann R, Martens F, Barth M, Arts M, Miller LE, Vajkoczy P, Hes R, Eustacchio S, Nanda D, Köhler HP, Brenke C, Flüh C, Van de Kelft E, Assaker R, Kienzler JC, Fandino J; Annular Closure RCT Study Group. Effectiveness of an Annular Closure Device to Prevent Recurrent Lumbar Disc Herniation: A Secondary Analysis With 5 Years of Follow-up. *JAMA Netw Open*. 2021 Dec 1;4(12):e2136809. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2021.36809. PMID: 34882183; PMCID: PMC8662371.

253. Tomkins CC, Battié MC, Rogers T, Jiang H, Petersen S. A criterion measure of walking capacity in lumbar spinal stenosis and its comparison with a treadmill protocol. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009 Oct 15;34(22):2444-9. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181b03fc8. PMID: 19829259.

254. Tosteson AN, Lurie JD, Tosteson TD, Skinner JS, Herkowitz H, Albert T, Boden SD, Bridwell K, Longley M, Andersson GB, Blood EA, Grove MR, Weinstein JN; SPORT Investigators. Surgical treatment of spinal stenosis with and without degenerative spondylolisthesis: cost-effectiveness after 2 years. *Ann Intern Med*. 2008 Dec 16;149(12):845-53. doi: 10.7326/0003-4819-149-12-200812160-00003. PMID: 19075203; PMCID: PMC2658642.

255. Tosteson AN, Skinner JS, Tosteson TD, Lurie JD, Andersson GB, Berven S, Grove MR, Hanscom B, Blood EA, Weinstein JN. The cost effectiveness of surgical versus nonoperative treatment for lumbar disc herniation over two years: evidence from the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT). *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008 Sep 1;33(19):2108-15. doi: 10.1097/brs.0b013e318182e390. PMID: 18777603; PMCID: PMC2883775.

256. Toyone T, Takahashi K, Kitahara H, Yamagata M, Murakami M, Moriya H. Vertebral bone-marrow changes in degenerative lumbar disc disease. An MRI study of 74 patients with low back pain. *J Bone Joint Surg Br*. 1994 Sep;76(5):757-64. PMID: 8083266.

257. Uribe JS, Beckman J, Mummaneni PV, Okonkwo D, Nunley P, Wang MY, Mundis GM Jr, Park P, Eastlack R, Anand N, Kanter A, Lamarca F, Fessler R, Shaffrey CI, Lafage V, Chou D, Deviren V; MIS-ISSG Group. Does MIS Surgery Allow for Shorter Constructs in the Surgical Treatment of Adult Spinal Deformity? *Neurosurgery*. 2017 Mar 1;80(3):489-497. doi: 10.1093/neuros/nyw072. PMID: 28362966.

258. Uribe JS, Schwab F, Mundis GM, Xu DS, Januszewski J, Kanter AS, Okonkwo DO, Hu SS, Vedat D, Eastlack R, Berjano P, Mummaneni PV. The comprehensive anatomical spinal osteotomy and anterior column realignment classification. *J Neurosurg Spine*. 2018 Nov 1;29(5):565-575. doi: 10.3171/2018.4.SPINE171206. PMID: 30141765

259. Vergroesen PP, Bochyn Ska AI, Emanuel KS, Sharifi S, Kingma I, Grijpma DW, Smit TH. A biodegradable glue for annulus closure: evaluation of strength and endurance. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2015 May 1;40(9):622-8. doi: 10.1097/BRS.0000000000000792. PMID: 25608249.

260. Vialle R, Levassor N, Rillardon L, Templier A, Skalli W, Guigui P. Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects. *J Bone Joint Surg Am*. 2005 Feb;87(2):260-7. doi: 10.2106/JBJS.D.02043. PMID: 15687145.

261. Wang M, Luo XJ, Ye YJ, Zhang Z. Does Concomitant Degenerative Spondylolisthesis Influence the Outcome of Decompression Alone in Degenerative Lumbar Spinal Stenosis? A Meta-Analysis of Comparative Studies. *World Neurosurg*. 2019 Mar;123:226-238. doi: 10.1016/j.wneu.2018.11.246. Epub 2018 Dec 18. PMID: 30576810.

262. Wang MY, Bordon G. Mini-open pedicle subtraction osteotomy as a treatment for severe adult spinal deformities: case series with initial clinical and radiographic outcomes. *J Neurosurg Spine*. 2016 May;24(5):769-76. doi: 10.3171/2015.7.SPINE15188. Epub 2016 Jan 8. PMID: 26745348.

263. Wang XW, Chen X, Fu Y, Chen X, Zhang F, Cai HP, Ge C, Zhang WZ. Analysis of lumbar lateral instability on upright left and right bending radiographs in symptomatic patients with degenerative lumbar spondylolisthesis. *BMC Musculoskelet Disord*. 2022 Jan 17;23(1):59. doi: 10.1186/s12891-022-05017-1. PMID: 35039039; PMCID: PMC8764856.

264. Wang YXJ, Káplár Z, Deng M, Leung JCS. Lumbar degenerative spondylolisthesis epidemiology: A systematic review with a focus on gender-specific and age-specific prevalence. *J Orthop Translat*. 2016 Dec 1;11:39-52. doi: 10.1016/j.jot.2016.11.001. PMID: 29662768; PMCID: PMC5866399.

265. Weinstein JN, Lurie JD, Tosteson TD, Zhao W, Blood EA, Tosteson AN, Birkmeyer N, Herkowitz H, Longley M, Lenke L, Emery S, Hu SS. Surgical compared with nonoperative treatment for lumbar degenerative spondylolisthesis. four-year results in the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT) randomized and observational cohorts. *J Bone Joint Surg Am*. 2009 Jun;91(6):1295-304. doi: 10.2106/JBJS.H.00913. PMID: 19487505; PMCID: PMC2686131.

266. Weinstein JN, Tosteson AN, Tosteson TD, Lurie JD, Abdu WA, Mirza SK, Zhao W, Morgan TS, Nelson EC. The SPORT value compass: do the extra costs of undergoing spine surgery produce better health benefits? *Med Care*. 2014 Dec;52(12):1055-63. doi: 10.1097/MLR.0000000000000250. Erratum in: *Med Care*. 2015 Apr;53(4):386. PMID: 25334052; PMCID: PMC4504199.

267. Weinstein, James N.; Lurie, Jon D.; Tosteson, Tor D.; Tosteson, Anna N. A.; Blood, Emily A.; Abdu, William A.; Herkowitz, Harry; Hilibrand, Alan; Albert, Todd; Fischgrund, Jeffrey . Surgical Versus Nonoperative Treatment for Lumbar Disc Herniation: Four-Year Results for the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT)// *Spine*. 33(25):2789–2800, December 1, 2008.

268. Werner DAT, Grotle M, Gulati S, Austevoll IM, Lønne G, Nygaard ØP, Solberg TK. Criteria for failure and worsening after surgery for lumbar disc herniation: a multicenter observational study based on data from the Norwegian Registry for Spine Surgery. *Eur Spine J*. 2017 Oct;26(10):2650-2659. doi: 10.1007/s00586-017-5185-5. Epub 2017 Jun 14. PMID: 28616747.

269. White A.A., Panjabi M.M. Clinical Biomechanics of the Spine. Philadelphia, J.B. Lippincott, 1978; 314 pp
270. White, A. A. Clinical Biomechanics of the Spine / A. A. White, M. M. Panjabi. – Philadelphia : J. B. Lippincott, 1990. – 2nd ed.
271. Wilke HJ, Wolf S, Claes LE, Arand M, Wiesend A. Stability increase of the lumbar spine with different muscle groups. A biomechanical in vitro study. Spine (Phila Pa 1976). 1995 Jan 15;20(2):192-8. doi: 10.1097/00007632-199501150-00011. PMID: 7716624.
272. Willhuber G, Elizondo C, Slullitel P. Analysis of Postoperative Complications in Spinal Surgery, Hospital Length of Stay, and Unplanned Readmission: Application of Dindo-Clavien Classification to Spine Surgery Global Spine Journal 2019, Vol. 9(3) 279-286. DOI: 10.1177/2192568218792053
273. Wiltse LL, Newman PH, Macnab I. Classification of spondylolysis and spondylolisthesis. Clin Orthop Relat Res. 1976 Jun;(117):23-9. PMID: 1277669.
274. Wood KB, Popp CA, Transfeldt EE, Geissele AE. Radiographic evaluation of instability in spondylolisthesis. Spine (Phila Pa 1976). 1994 Aug 1;19(15):1697-703. doi: 10.1097/00007632-199408000-00008. PMID: 7973963.
275. Wu AM, Chen CH, Shen ZH, Feng ZH, Weng WQ, Li SM, Chi YL, Yin LH, Ni WF. The Outcomes of Minimally Invasive versus Open Posterior Approach Spinal Fusion in Treatment of Lumbar Spondylolisthesis: The Current Evidence from Prospective Comparative Studies. Biomed Res Int. 2017;2017:8423638. doi: 10.1155/2017/8423638. Epub 2017 Jan 5. PMID: 28154826; PMCID: PMC5244007.
276. Xie L, Wu WJ, Liang Y. Comparison between Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion and Conventional Open Transforaminal Lumbar Interbody Fusion: An Updated Meta-analysis. Chin Med J (Engl). 2016 Aug 20;129(16):1969-86. doi: 10.4103/0366-6999.187847. PMID: 27503024; PMCID: PMC4989430.
277. Xu H, Tang H, Li Z. Surgical treatment of adult degenerative spondylolisthesis by instrumented transforaminal lumbar interbody fusion in the Han

nationality. J Neurosurg Spine. 2009 May;10(5):496-9. doi: 10.3171/2009.2.SPINE08623. PMID: 19442014.

278. Xu J, Li Y, Wang B, Lv G, Li L, Dai Y, Jiang B, Zheng Z. Minimum 2-Year Efficacy of Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy versus Microendoscopic Discectomy: A Meta-Analysis. World Neurosurg. 2020 Jun;138:19-26. doi: 10.1016/j.wneu.2020.02.096. Epub 2020 Feb 26. PMID: 32109644.

279. Yaman ME, Kazancı A, Yaman ND, Baş F, Ayberk G. Factors that influence recurrent lumbar disc herniation. Hong Kong Med J. 2017 Jun;23(3):258-63. doi: 10.12809/hkmj164852. Epub 2017 Mar 3. PMID: 28253483.

280. Yan P, Bao H, Qiu Y, Bao M, Varghese JJ, Sun X, Liu Z, Zhu Z, Qian B, Zheng M, Zhu F. Mismatch Between Proximal Rod Contouring and Proximal Junctional Angle: A Predisposed Risk Factor for Proximal Junctional Kyphosis in Degenerative Scoliosis. Spine (Phila Pa 1976). 2017 Mar;42(5):E280-E287. doi: 10.1097/BRS.0000000000001883. PMID: 27557450.

281. Yang Z, Chang J, Sun L, Chen CM, Feng H. Comparing Oblique Lumbar Interbody Fusion with Lateral Screw Fixation and Transforaminal Full-Endoscopic Lumbar Discectomy (OLIF-TELD) and Posterior Lumbar Interbody Fusion (PLIF) for the Treatment of Adjacent Segment Disease. Biomed Res Int. 2020 May 29;2020:4610128. doi: 10.1155/2020/4610128. PMID: 32596313; PMCID: PMC7277060.

282. Yasargil, M. Microsurgical operation of the herniated lumbar disc / In: R. Wullenweber, M. Brocck, J. Hamer, editors // Advances in neurosurgery. – Berlin: Springer. – 1977. – P. 81–84.

283. Yen CP, Mosley YI, Uribe JS. Role of minimally invasive surgery for adult spinal deformity in preventing complications. Curr Rev Musculoskelet Med. 2016 Sep;9(3):309-15. doi: 10.1007/s12178-016-9355-6. PMID: 27411527; PMCID: PMC4958387.

284. Yilgor C, Sogunmez N, Boissiere L, Yavuz Y, Obeid I, Kleinstück F, Pérez-Grueso FJS, Acaroglu E, Haddad S, Mannion AF, Pellise F, Alanay A;

European Spine Study Group (ESSG). Global Alignment and Proportion (GAP) Score: Development and Validation of a New Method of Analyzing Spinopelvic Alignment to Predict Mechanical Complications After Adult Spinal Deformity Surgery. *J Bone Joint Surg Am.* 2017 Oct 4;99(19):1661-1672. doi: 10.2106/JBJS.16.01594. PMID: 28976431.

285. Yilgor C, Sogunmez N, Yavuz Y et al (2017) Relative lumbar lordosis and lordosis distribution index: individualized pelvic incidence–based proportional parameters that quantify lumbar lordosis more precisely than the concept of pelvic incidence minus lumbar lordosis. *Neurosurg Focus* 43:E5–E9. <https://doi.org/10.3171/2017.8.FOCUS17498>

286. Yoshihara H, Chatterjee D, Paulino CB, Errico TJ. Revision Surgery for "Real" Recurrent Lumbar Disk Herniation: A Systematic Review. *Clin Spine Surg.* 2016 Apr;29(3):111-8. doi: 10.1097/BSD.0000000000000365. PMID: 27002374.

287. Yurac R, Zamorano JJ, Lira F, Valiente D, Ballesteros V, Urzúa A. Risk factors for the need of surgical treatment of a first recurrent lumbar disc herniation. *Eur Spine J.* 2016 May;25(5):1403-1408. doi: 10.1007/s00586-015-4272-8. Epub 2015 Oct 15. PMID: 26471389.

288. Zaidi Q, Danisa OA, Cheng W. Measurement Techniques and Utility of Hounsfield Unit Values for Assessment of Bone Quality Prior to Spinal Instrumentation: A Review of Current Literature. *Spine (Phila Pa 1976).* 2019;44(4):E239–44.

289. Zhao F, Pollintine P, Hole BD, Dolan P, Adams MA. Discogenic origins of spinal instability. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005 Dec 1;30(23):2621-30. doi: 10.1097/01.brs.0000188203.71182.c0. PMID: 16319748.

290. Zhu G, Hao Y, Yu L, Cai Y, Yang X. Comparing stand-alone oblique lumbar interbody fusion with posterior lumbar interbody fusion for revision of rostral adjacent segment disease: A STROBE-compliant study. *Medicine (Baltimore).* 2018 Oct;97(40):e12680. doi: 10.1097/MD.00000000000012680. PMID: 30290656; PMCID: PMC6200540.

291. Zou L, Liu J, Lu H. Characteristics and risk factors for proximal junctional kyphosis in adult spinal deformity after correction surgery: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurg Rev.* 2019 Sep;42(3):671-682. doi: 10.1007/s10143-018-1004-7. Epub 2018 Jul 7. PMID: 29982856.

Приложения

Приложение 1. Индекс ограничения жизнедеятельности из-за боли в спине Oswestry Disability Index (ODI)

Содержание:

РАЗДЕЛ 1. Интенсивность боли

- В настоящее время у меня нет боли.
- В настоящее время боль очень легкая.
- В настоящее время боль умеренная.
- В настоящее время боль весьма сильная.
- В настоящее время боль очень сильная.
- В настоящее время боль настолько сильна, что трудно себе представить.

РАЗДЕЛ 2. Самообслуживание (например, умывание, одевание)

- Я могу нормально о себе заботиться, и это не вызывает особой боли.
- Я могу нормально о себе заботиться, но это весьма болезненно.
- Чтобы заботиться о себе, я вынужден из-за боли быть медлительным и осторожным.
- Чтобы заботиться о себе, я вынужден обращаться за некоторой посторонней помощью, хотя большую часть действий могу выполнять самостоятельно.
- Чтобы заботиться о себе, я вынужден обращаться за посторонней помощью при выполнении большей части действий.
- Я не могу одеться, с трудом умываюсь и остаюсь в постели.

РАЗДЕЛ 3. Поднятие предметов

- Я могу поднимать тяжелые предметы без особой боли.
- Я могу поднимать тяжелые предметы, но это вызывает усиление боли.
- Боль не дает мне поднимать тяжелые предметы с пола, но я могу с ними обращаться, если они удобно расположены (например, на столе).
- Боль не дает мне поднимать тяжелые предметы, но я могу обращаться с легкими или средними по весу предметами, если они удобно расположены (например, на столе).
- Я могу поднимать только очень легкие предметы.
- Я вообще не могу поднимать или носить что-либо.

РАЗДЕЛ 4. Ходьба

- Боль не мешает мне ходить на любые расстояния.
- Боль не позволяет мне пройти более 1 километра.
- Боль не позволяет мне пройти более 500 метров.
- Боль не позволяет мне пройти более 100 метров.
- Я могу ходить только при помощи трости или костылей.
- Я большую часть времени нахожусь в постели и вынужден ползком добираться до туалета.

РАЗДЕЛ 5. Положение сидя

- Я могу сидеть на любом стуле столько, сколько захочу.
- Я могу сидеть столько, сколько захочу, только на моем любимом стуле.
- Боль не позволяет мне сидеть более 1 часа.
- Боль не позволяет мне сидеть более чем 1/2 часа.
- Боль не позволяет мне сидеть более чем 10 минут.
- Боль совсем лишает меня возможности сидеть.

РАЗДЕЛ 6. Положение стоя

- Я могу стоять столько, сколько захочу, без особой боли.
- Я могу стоять столько, сколько захочу, но при этом боль усиливается.
- Боль не позволяет мне стоять более 1 часа.
- Боль не позволяет мне стоять более 1/2 часа.
- Боль не позволяет мне стоять более 10 минут.
- Боль совсем лишает меня возможности стоять.

РАЗДЕЛ 7. Сон

- Мой сон никогда не прерывается из-за боли.
- Мой сон редко прерывается из-за боли.
- Из-за боли я сплю менее 6 часов.
- Из-за боли я сплю менее 4 часов.
- Из-за боли я сплю менее 2 часов.
- Боль совсем лишает меня возможности спать.

РАЗДЕЛ 8. Сексуальная жизнь (если возможна)

- Моя сексуальная жизнь нормальна и не вызывает особой боли.
- Моя сексуальная жизнь нормальна, но немного усиливает боль.

- Моя сексуальная жизнь почти нормальна, но значительно усиливает боль.
- Моя сексуальная жизнь существенно ограничена из-за боли.
- У меня почти нет сексуальной жизни из-за боли.
- Боль полностью лишает меня сексуальных отношений.

РАЗДЕЛ 9. Досуг

- Я могу нормально проводить досуг и не испытываю при этом особой боли.
- Я могу нормально проводить досуг, но испытываю усиление боли.
- Боль не оказывает значительного влияния на мой досуг, за исключением интересов, требующих наибольшей активности, таких, как спорт, танцы и т.д.
- Боль ограничивает мой досуг, я часто не выхожу из дома.
- Боль ограничивает мой досуг пределами моего дома.
- Боль лишает меня досуга.

РАЗДЕЛ 10. Поездки

- Я могу ездить куда угодно без боли.
- Я могу ездить куда угодно, но это вызывает усиление боли.
- Несмотря на сильную боль, я выдерживаю поездки в пределах 2 часов.
- Боль сокращает мои поездки менее чем до 1 часа.
- Боль сокращает самые необходимые поездки до 30 минут.
- Боль совсем не дает мне совершать поездки, я могу отправиться только за медицинской помощью.

Примечание. Опросник состоит из 10 разделов. В каждом разделе первый ответ - минимальный балл (0), последующие ответы соответственно 1,2,3,4, и 5 баллов. В случае, когда заполнены все 10 разделов, индекс Освестри высчитывается так: $\text{сумма набранных баллов} / 50 \text{ (максимально возможное количество баллов)} \times 100 =$. Если один из разделов не заполнен или не поддается оценке (например, сексуальная жизнь), индекс Освестри высчитывается так: $\text{сумма набранных баллов} / 45 \text{ (максимально возможное количество баллов)} \times 100 =$. Чем больше индекс, тем значительнее нарушена жизнедеятельность.

Приложение 2. VAS (Visual Analog Scale) - визуальная аналоговая шкала боли

Комбинированная шкала оценки боли спина

нет

боли слабая умеренная сильная невыносимая

----->

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

нога

нет

боли слабая умеренная сильная невыносимая

----->

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Приложение 3. Классификация деформаций позвоночника Schwab-SRS

Coronal Curve Types	Sagittal Modifiers
T: Thoracic only with lumbar curve < 30° L: TL / Lumbar only with thoracic curve < 30° D: Double Curve with T <u>and</u> TL/L curves > 30° N: No Major Coronal Deformity all coronal curves < 30°	PI minus LL 0 : within 10° + : moderate 10-20° ++ : marked >20° Global Alignment 0 : SVA < 4cm + : SVA 4 to 9.5cm ++ : SVA > 9.5cm Pelvic Tilt 0 : PT<20° + : PT 20-30° ++ : PT>30°

Приложение 4. Расчет Global Alignment and Proportion (GAP)

Параметры	категории	баллы	Вид пропорциональности
Положение таза (Relative Version) RPV=измеренное SS - идеальное SS	<-15 тяжелая ретроверсия	3	"0-2" - пропорциональный; "3-6" - умеренно диспропорциональный; >7 - грубо диспропорциональный
	15-7,1 средне-тяжелая ретроверсия	2	
	7-5 оптимальное положение	0	
	>5 антеверсия	1	

Поясничный лордоз (Relative Lumbar Lordosis) RLL=измеренный LL - идеальный LL	<-25 тяжелый гиполордоз	3	
	25-14,1 умеренный гиполордоз	2	
	14-11 оптимальный лордоз	0	
	>11 гиперлордоз	3	
Индекс распределения лордоза (Lordosis Distribution Index)	<40% тяжелый гиполордоз	2	
	40-49% умеренный гиполордоз	1	
	50-80% оптимальный лордоз	0	
	>80% гиперлордоз	3	
Глобальное позвоночно- тазовое отношение (Relative Spinopelvic Alignment) RSA=измененное GT - идеальное GT (Global Tilt)	>18 тяжелое положительное	3	
	18-10.1 средне- тяжелое положительное	1	
	10-7 оптимальное	0	
	<-7,1 отрицательное	1	
Возраст	<60 взрослые	0	
	>60 пожилые	1	

Приложение 5. Классификация стадий дегенерации межпозвонкового диска по Pfirrmann

Стадия	Структура межпозвонкового диска	Интенсивность сигнала	Четкость разделения фиброзного кольца и пульпозного ядра	Высота межпозвонкового диска

I	гомогенная	гиперинтенсивный (белый)	четкая	нормальная
II	негомогенная	гиперинтенсивный (белый)	четкая	нормальная
III	негомогенная	промежуточный (серый)	нечеткая	нормальная или слегка уменьшенная
IV	негомогенная	промежуточный (серый)	отсутствует	нормальная или умеренно уменьшенная
V	негомогенная	гипоинтенсивный (черный)	отсутствует	резко снижена

Приложение 6. Классификация изменений замыкательных пластинок и красного костного мозга по Modic

Типы Modic	Режимы МРТ	
	T1W1	T2W1
I	Гипоинтенсивный сигнал	Гиперинтенсивный сигнал
II	Гиперинтенсивный сигнал	Гипер- или изоинтенсивный сигнал
III	Гипоинтенсивный сигнал	Гипоинтенсивный сигнал

Приложение 7. Стадии дегенерации суставного хряща и субхондрального склероза дугоотростчатых суставов по Grogan

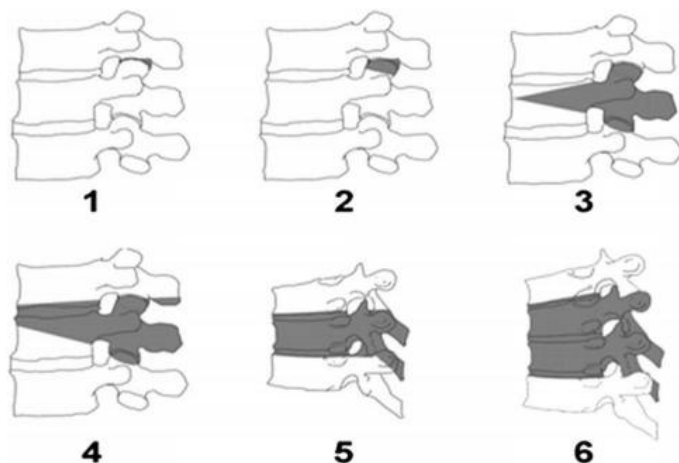
Стадия	Субхондральный склероз	Дегенерация хряща
I	Суставной отросток имеет тонкий слой кортикальной кости	Равномерно толстый хрящ полностью покрывает суставную поверхность
II	Кортикальная кость суставных отростков локально утолщена	Хрящ покрывает всю поверхность суставных поверхностей, но имеются очевидные элементы эрозии

III	Кортикальная кость утолщена, но меньше, чем на половине поверхности суставных отростков	Хрящ покрывает не всю поверхность суставных поверхностей, имеются оголенные регионы
IV	Плотная кортикальная кость покрывает больше половины поверхности суставных отростков	Хрящ отсутствует, за исключением следов на суставной поверхности

Приложение 8. Классификация дегенеративного стеноза позвоночного канала по Shizas et all.

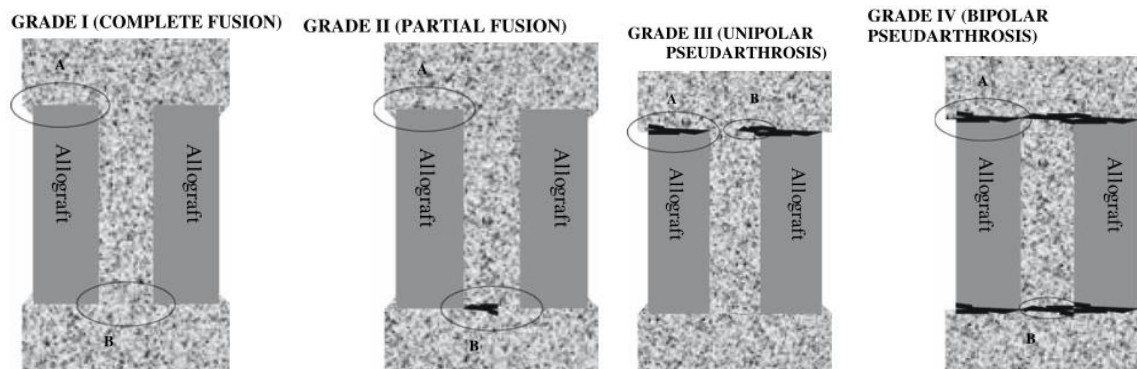
- Класс А: Ликвор видим в пределах дурального мешка, но его распределение неоднородно. Выявляются корешки, есть эпидуральный жир. Данная группа подразделяется на подгруппы А1 до А4: А1 – корешки лежат дорсально и занимают менее половины дурального пространства; А2 – корешки лежат дорсально в контакте с твердой мозговой оболочкой, но в форме подковы; А3 – корешки лежат дорсально и занимают более половины площади дурального мешка; А4 – корешки лежат в центре и занимают большую часть площади дурального мешка. 40
- Класс В: определяется концентрация нервных корешков, нет уровня цереброспинальной жидкости, корешки равномерно распределены в срезе и различимы, есть эпидуральный жир.
- Класс С: подразумевает наличие концентрации нервных корешков, цереброспинальная жидкость не видна, определяется эпидуральный жир.
- Класс D: полный стеноз канала, нет уровня цереброспинальной жидкости, цереброспинальная жидкость не видна, нет эпидурального жира.

Приложение 9. Классификация вертебротомий по Schwab F. Et all



Приложение 10. Классификация межтелового блока по Tap

Степени формирования спондилодеза по Tap, пояснения в тексте.



- **1 степень (полное сращение)** - плотное прилегание имплантата к замыкательным пластинкам краниального и каудального позвонка без вакуум-феномена, непрерывность костного мостика имплантат-тело позвонка.

- **2 степень (частичное сращение)** - плотное прилегание имплантата к замыкательным пластинкам краниального и каудального позвонка без вакуум-феномена, однако с неполным или отсутствующим костным мостиком на одном конце имплантата.

- **3 степень (монополярный псевдоартроз)** - неплотное прилегание имплантата с наличием вакуум-феномена на краниальном или каудальном конце с отсутствием костных мостиков в том же месте.

- **4 степень (биполярный псевдоартроз)** - наличие вакуум феномена или мягкотканного компонента в соединении имплантат - тело позвонка с краниальной и каудальной части с полным отсутствием костных мостиков.

Тип 1 и 2 считали критерием сформированного межтелового блока, 3 и 4 - несформированного

Приложение 11. Шкала оценки степени хирургической инвазивности по Mirza S.K.

Формула расчета:

Индекса инвазивности (баллы) = сумма 6 компонентов × количество единиц воздействия.

1 единица воздействия - позвонок и каудальный диск

Компоненты:

1) вентральная декомпрессия (удаление тела позвонка и (или) каудального диска) – 1 балл

- 2) факт наличия остеоиндуктивного материала в диске – 1 балл
- 3) инструментализация вентральной колонны (н.п. пластина, кейдж межтеловой) – 1 балл
- 4) задняя декомпрессия (удаление элементов задней опорной колонны) - 1 балл
- 5) задний спондилодез (остеоиндуктивный материала между дужками, ножками, поперечными отростками) – 1 балл
- 6) задняя инструментализация (ТПФ, ламинарные крючки **в один позвонок**) – 1 балл

Приложение 12. Классификация интраоперационных осложнений R. M. Satava.

I класс - неблагоприятные происшествия, которые не потребовали принципиального изменения тактики операции и не привели к дальнейшим последствиям для больного;

II - неблагоприятные происшествия, повлёкшие дальнейшие последствия для пациента;

III - неблагоприятные происшествия, приводящие к значительным неблагоприятным последствиям для больного.

Приложение 13. Классификация тяжести хирургических послеоперационных осложнений Accordion

I. Легкие	Требуются только небольшие процедуры, которые можно проводить у постели больного, такие как введение внутривенных и мочевых катетеров, назогастральных зондов раневых дренажей. Разрешены физиотерапия и следующие препараты: противорвотные, антипиретики, анальгетики, диуретики, растворы, влияющие на водно-электролитный баланс
II. Умеренные	Требуется фармакологическое лечение лекарствами, отличными от разрешенных при легких осложнениях, например, антибиотиками. Также сюда входит трансфузия крови и полное парентеральное питание.
III. Тяжелое	Требуется инвазивная процедура без общей анестезии: эндоскопическая, интервенционная

	процедуры или повторная операция без общей анестезии.
IV. Тяжелое	Операция под общим наркозом
V. Тяжелое	Полиорганная недостаточность
VI. Смерть	Послеоперационная смерть

Приложение 14. MCID для ODI при разных вертебральных патология

	Автор	Патология пациентов	Срок оценки	Показатель MCID
1	Parker SL et al., 2012	Продление спондилодеза при “болезни смежного сегмента”	2 года	6,8 баллов
2	Försth P et al, 2016	Поясничный стеноз	2 года	12 баллов
3	Parker SL et al, 2011	Дегенеративный low-grade спондилолистез	2 года	14,19 балла
4	Roland M et al	Спондилодез позвоночника	1 год	15 баллов
5	Bahadır S	Деформация позвоночника	1 год	14,8 баллов