

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

На правах рукописи

КУЗЬМИН

НИКИТА СЕРГЕЕВИЧ

МОНОСЕГМЕНТАРНЫЕ
ДЕКОМПРЕССИВНО-КОРРИГИРУЮЩИЕ ВМЕШАТЕЛЬСТВА
В ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ
С ПОЯСНИЧНЫМ ОСТЕОХОНДРОЗОМ

3.1.8 травматология и ортопедия

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук
Крутько Александр Владимирович

Москва, 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	12
1.1 ДЕГЕНЕРАТИВНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА, ПРОТЕКАЮЩИЕ С ПОТЕРЕЙ УГЛОВЫХ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ.....	12
1.2 МЕТОДЫ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ ДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПОЗВОНОЧНИКА.....	16
1.2.1 Постуральная рентгенография и сагиттальный баланс.....	16
1.2.2 Магнитно-резонансная томография.....	18
1.2.3 Компьютерная томография.....	19
1.3 НЕЙРОПАТИЧЕСКИЙ БОЛЕВОЙ СИНДРОМ.....	20
1.4 СОСТОЯНИЕ ПАРАВЕРТЕБРАЛЬНЫХ МЫШЦ ПРИ ДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА.....	22
1.5 ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ БОЛЬНЫХ С СОЧЕТАНИЕМ ДЕГЕНЕРАТИВНОГО СТЕНОЗА И СПОНДИЛОЛИСТЕЗА НА ПОЯСНИЧНОМ УРОВНЕ.....	24
1.6 КОРРЕКЦИЯ СЕГМЕНТАРНОГО ЛОРДОЗА НА ПОЯСНИЧНОМ УРОВНЕ У ПАЦИЕНТОВ С ДЕГЕНЕРАТИВНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ.....	26
1.7 ДИСТАНЦИОННОЕ ПЕРИОПЕРАЦИОННОЕ НАБЛЮДЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ.....	34
1.8 ВЫБОР ТАКТИКИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ С СОЧЕТАНИЕМ ДЕГЕНЕРАТИВНОГО СТЕНОЗА И СПОНДИЛОЛИСТЕЗА НА ПОЯСНИЧНОМ УРОВНЕ.....	36
1.9 РЕЗЮМЕ.....	37
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ.....	40
2.1 ПРОСПЕКТИВНОЕ РАНДОМИЗИРОВАННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОЦЕНКИ КЛИНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВУХ ХИРУРГИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	41
2.1.1 Клинические параметры.....	43
2.1.2 Первичная конечная точка: значение опросника Освестри.....	43
2.1.3 Вторичные конечные точки.....	44
2.1.4 Нежелательные явления.....	45
2.1.5 Исследуемые популяции.....	46

2.2 ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОБСЛЕДОВАНИЙ.....	46
2.2.1 Постуральная рентгенография.....	46
2.2.2 Магнитно-резонансная томография поясничного отдела позвоночника.....	54
2.2.3 Компьютерная томография поясничного отдела позвоночника...	55
2.4 ДЕКОМПРЕССИВНО-КОРРИГИРУЮЩЕЕ ВМЕШАТЕЛЬСТВО	56
2.5 ПРОСПЕКТИВНОЕ НАБЛЮДАТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОЦЕНКИ РОЛИ НЕЙРОПАТИЧЕСКОЙ БОЛИ И ТРЕВОГИ.....	60
2.5.1 Клинические параметры	60
2.6 РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОЦЕНКИ РОЛИ ПОЯСНИЧНЫХ ПАРАСПИНАЛЬНЫХ МЫШЦ.....	61
2.7 СБОР И ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛА.....	64
2.8 СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ.....	69
ГЛАВА 3. ПЕРВИЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОСПЕКТИВНОГО РАНДОМИЗИРОВАННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОЦЕНКИ КЛИНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВУХ ХИРУРГИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	71
3.1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОГОРТЫ	71
3.2 СБОР И ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛА.....	73
3.3 КЛИНИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ	75
3.3.1 Анализ первичной конечной точки.....	75
3.3.2 Анализ вторичных конечных точек.....	76
3.3.3 Анализ безопасности (осложнения и повторные операции).....	78
3.4 РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ.....	78
3.5 РЕЗЮМЕ	84
ГЛАВА 4. НЕЙРОПАТИЧЕСКИЙ БОЛЕВОЙ СИНДРОМ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ИСХОДЫ МОНОГОСЕГМЕНТАРНЫХ КОРРИГИРУЮЩИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ У ПАЦИЕНТОВ С ПОЯСНИЧНЫМ ОСТЕОХОНДРОЗОМ.....	87

4.1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАЦИЕНТОВ С НЕЙРОПАТИЧЕСКИМ БОЛЕВЫМ СИНДРОМОМ.....	87
4.2 РЕЗЮМЕ	90
ГЛАВА 5. ВЛИЯНИЕ ПАРАСПИНАЛЬНЫХ МЫШЦ НА ИСХОДЫ МОНОСЕГМЕНТАРНЫХ КОРРИГИРУЮЩИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ У ПАЦИЕНТОВ С ПОЯСНИЧНЫМ ОСТЕОХОНДРОЗОМ.....	92
5.1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОГОРТЫ	92
5.2 ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ПАРАСПИНАЛЬНЫХ МЫШЦ.....	93
5.3 РЕЗЮМЕ	98
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	99
ВЫВОДЫ.....	103
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	104
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	105
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	108
ПРИЛОЖЕНИЕ А КЛАССИФИКАЦИЯ СПОНДИЛОЛИСТЕЗА ПО MYERDING (СПРАВОЧНОЕ).....	126
ПРИЛОЖЕНИЕ Б КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ПОЗВОНОЧНИКА SCHWAB-SRS (СПРАВОЧНОЕ)	127
ПРИЛОЖЕНИЕ В КЛАССИФИКАЦИЯ СПОНДИЛОЛИСТЕЗА ПО O. GILLE (СПРАВОЧНОЕ).....	128
ПРИЛОЖЕНИЕ Г КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕГЕНЕРАТИВНОГО СТЕНОЗА ПОЗВОНОЧНОГО КАНАЛА ПО SHIZAS (СПРАВОЧНОЕ).....	129
ПРИЛОЖЕНИЕ Д ИНДЕКС НЕДЕЕСПОСОБНОСТИ OSWESTRY (СПРАВОЧНОЕ).....	130
ПРИЛОЖЕНИЕ Е ШКАЛА NPRS ДЛЯ ОЦЕНКИ БОЛИ (СПРАВОЧНОЕ).....	131
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ПАЦИЕНТА ДО И ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ. NTI SF-36 (SHORT FORM - 36) (СПРАВОЧНОЕ).....	132

ПРИЛОЖЕНИЕ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТА ВРАЧОМ CGIC (CLINICAL GLOBAL IMPRESSION OF CHANGE) (СПРАВОЧНОЕ).....	133
ПРИЛОЖЕНИЕ К ШКАЛА НЕЙРОПАТИЧЕСКОЙ БОЛИ DN4 (DOULEUR NEUROPATHIQUE) (СПРАВОЧНОЕ).....	134
ПРИЛОЖЕНИЕ Л СООТВЕТСТВИЕ ДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МЕЖПОЗВОНКОВЫХ ДИСКОВ ПО PFIRRMANN (СПРАВОЧНОЕ).....	135
ПРИЛОЖЕНИЕ М ИЗМЕНЕНИЯ ПО ТИПУ МОДИК (MODIC CHANGES) НА САГИТТАЛЬНЫХ СРЕЗАХ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА (СПРАВОЧНОЕ).....	136
ПРИЛОЖЕНИЕ Н СИСТЕМА БАЛЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПОВРЕЖДЕНИЯ ЗАМЫКАТЕЛЬНЫХ ПЛАСТИНОК ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА (ПО RAJASEKARAN ET AL.) (СПРАВОЧНОЕ).....	137
ПРИЛОЖЕНИЕ П ГОСПИТАЛЬНАЯ ШКАЛА ТРЕВОГИ И ДЕПРЕССИИ (HOSPITAL ANXIETY AND DEPRESSION SCALE, HADS) (СПРАВОЧНОЕ).....	138
ПРИЛОЖЕНИЕ Р КЛАССИФИКАЦИЯ СТЕПЕНИ ЖИРОВОЙ ДЕГЕНЕРАЦИИ МЫШЦ GOUTALLIER (СПРАВОЧНОЕ).....	139

ВВЕДЕНИЕ

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника затрагивают до 95 % населения [27]. Проявлениями дегенеративно-дистрофических заболеваний поясничного отдела позвоночника являются болевой синдром, аксиальный или корешковый [79], в том числе в виде полирадикулярной компрессии и нейрогенной перемежающейся хромоты [55], неврологический дефицит, анталгическая установка туловища [38], формирование дегенеративной деформации на одном или нескольких уровнях [64] – всё это в итоге снижает качество жизни пациента.

Среди проявлений остеохондроза выделяют дегенеративный спондилолистез и сужение позвоночного канала, которые встречаются с частотой до 11 % в бессимптомной форме и до 38 % в общей популяции [68]. Зачастую возникновение стеноза связано с наличием дегенеративного спондилолистеза, дегенеративной деформации в пределах одного позвоночно-двигательного сегмента [9, 13]. Однако клинические проявления сужения позвоночного канала встречаются лишь у 5–7 % популяции [12, 61].

Сагиттальные и угловые деформации позвоночника, возникающие при дегенеративном спондилолистезе, приводят к смещению центра массы тела, неправильной и энергозатратной работе мышц для поддержания корректной позы и, как следствие, возникновению болей и ограничению функциональных возможностей больного [16, 24, 58]. Ввиду этого при планировании хирургического лечения пациентов с этой нозологией необходимы восстановление функционально выгодных угловых взаимоотношений в сегменте и гармонизация сагиттального баланса [64].

Хирургическое лечение пациентов с сочетанием дегенеративного спондилолистеза и стеноза на одном поясничном уровне более эффективно, чем консервативное лечение [15, 110].

Одной из широко распространенных опций хирургического лечения таких больных является выполнение декомпрессивно-корректирующих вмешательств [21, 22]. Наиболее часто используемыми техниками являются трансфораминальный поясничный межтеловой спондилодез (transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF) (открытый (Open) или минимально инвазивный (Minimally Invasive Surgery) – O-TLIF и MIS-TLIF) и задняя винтовая фиксация. Однако представленные в литературе результаты использования указанных методик существенно разнятся по показателям выраженности болевого синдрома, индекса недееспособности Освестри (Oswestry disability index, ODI), послеоперационных осложнений, объема кровопотери и продолжительности госпитализации [4, 34, 77, 90].

Другой вопрос возникает при анализе корректирующих возможностей этих методик [64, 104]: данные по объему коррекции в доступных источниках литературы гетерогенны и носят противоречивый характер. Например, при O-TLIF одни авторы отмечают изменение сегментарного угла после операции на $1,04^\circ \pm 4,34^\circ$ [73], другие – на $7,20 \pm 4,02^\circ$ [84]. По результатам выполнения MIS-TLIF S.-F. Hung et al. [67] констатировали уменьшение сегментарного угла на 6° , а С.Т. Martin et al. [88] отметили диапазон изменений сегментарного лордоза в пределах от -9° до 16° .

Результаты хирургического лечения пациентов с поясничным остеохондрозом определяются не только техникой выполнения. В качестве одного из факторов, определяющих результат вмешательства, рассматривается нейропатический болевой синдром (НБС), который является следствием усугубления сагиттального дисбаланса после изолированной декомпрессии при дегенеративном стенозе [33]. Также малоизученными остаются предикторы развития НБС у пациентов с остеохондрозом [36, 107].

Было показано, что изменения сагиттального баланса [70], интенсивность боли в спине [102], риск возникновения осложнений после выполнения одноуровневых декомпрессивно-корректирующих вмешательств [116] зависит от качественных и количественных характеристик

паравертебральных мышц. Данные систематических обзоров литературы носят противоречивый характер и определяют значимость различных мышц [102, 116], что требует дальнейшего изучения вопроса.

Организация непрерывного и структурированного сбора клинической информации о пациентах, находящихся на лечении в стационаре или участвующих в клинических исследованиях, представляет собой трудоёмкую и ресурсозатратную задачу. В практике чаще всего ограничиваются телефонными звонками и письмами по электронной почте, тогда как более удобные и доступные средства коммуникации, например, мессенджеры, как правило, не используются из-за нормативных, этических или технических ограничений. В этой ситуации цифровые решения становятся ценным инструментом для врача-исследователя. Внедрение систем автоматизированного мониторинга и сбора данных даёт возможность оперативно корректировать стратегию и оценивать эффективность лечения в режиме реального времени [10].

Таким образом, необходимы выявление и коррекция (при необходимости) причин, негативно влияющих на результаты декомпрессивно-корректирующего вмешательства, определение оптимальной технологии хирургического лечения (MIS-TLIF или O-TLIF), а также всесторонний мониторинг клинических показателей в периоперационном периоде, что в совокупности позволит улучшить результаты хирургического лечения больных с поясничным остеохондрозом.

Цель исследования: улучшить результаты хирургического лечения пациентов с сочетанием дегенеративного спондилолистеза и стеноза на одном поясничном уровне.

Задачи исследования:

1. Выявить причины неудовлетворительных клинических исходов выполнения моносегментарного трансфораминального межтелового спондилодеза с винтовой фиксацией у пациентов с сочетанием дегенеративного спондилолистеза и стеноза на одном поясничном уровне.

2. Определить корригирующие возможности моносегментарного трансфораминального межтелового спондилодеза с винтовой фиксацией, выполняемых у пациентов с сочетанием дегенеративного спондилолистеза и стеноза на одном поясничном уровне.

3. Оценить клиническую эффективность открытого и минимально-инвазивного моносегментарного трансфораминального межтелового спондилодеза с винтовой фиксацией у пациентов с поясничным остеохондрозом.

4. Внедрить сценарий периоперационного ведения пациентов с поясничным остеохондрозом на основе системы удаленного наблюдения и оценить его эффективность при планировании госпитализации и мониторинге.

Научная новизна исследования

- Выявлены характеристики параспинальных мышц, нейропатического болевого синдрома и уровня тревоги, влияющие на клинический исход хирургического лечения у пациентов с дегенеративным поражением поясничного отдела позвоночника.
- Впервые определены максимальные возможности по коррекции сегментарного угла при выполнении одноуровневых открытого и минимально инвазивного трансфораминального межтелового спондилодеза с винтовой фиксацией у пациентов с сочетанием одноуровневого дегенеративного спондилолистеза и дегенеративного стеноза поясничного отдела позвоночника.
- Впервые внедрен в клиническую практику новый сценарий дистанционного периоперационного сопровождения пациентов на основе цифровой платформы для планирования госпитализации, периоперационного наблюдения и сбора данных пациентов с дегенеративным поражением поясничного отдела позвоночника.

Теоретическая и практическая значимость исследования

В ходе работы разработаны и внедрены в клиническую практику диагностические процедуры (планирование и контроль объема коррекции по

результатам рентгенографии). Адаптирован и внедрен в рутинную практику сценарий дистанционного взаимодействия с пациентом посредством приложения периоперационного наблюдения с целью периоперационного ведения пациентов и сбора наукометрических данных. Выявлены предикторы, прогнозирующие результаты хирургического лечения, которые могут быть использованы в ежедневной практике хирурга, а также в качестве основы для дальнейших научных исследований.

Положения, выносимые на защиту

1. Клинические результаты одноуровневых декомпрессивно-корректирующих вмешательств, выполняемых при поясничном остеохондрозе, зависят от объема коррекции сегментарного лордоза, от степени жировой инфильтрации паравертебральных мышц, от наличия нейропатического болевого синдрома и тревоги в периоперационном периоде, но не зависят от используемой хирургической технологии (открытой или минимально инвазивной).

2. Периоперационное наблюдение пациентов с поясничным остеохондрозом с использованием разработанного сценария удаленного наблюдения повышает приверженность пациентов лечению, позволяет выявить пациентов группы риска, а также повышает эффективность госпитализации.

Внедрение результатов исследования

– Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Саратов), отделение нейрохирургии;

– Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Смоленск), отделение травматологии и ортопедии №3.

Апробация работы

Материалы диссертационного исследования доложены и обсуждены на:

- Всероссийской конференции молодых ученых «Вреденовские игры» (Санкт-Петербург, 12.04.2024);
- XI Всероссийском Приоровском форуме, посвященном 100-летию профессора К.М. Сиваша (Москва, 13–14.12.2024);
- XII Всероссийском Приоровском форуме, приуроченном к 140-летию Николая Николаевича Приорова (Москва, 12–13.12.2025);
- V съезде Ассоциации интервенционного лечения боли и IV съезде Национального общества нейромодуляции в России (Москва, 6–7.12.2025)
- XXX Международной Пироговской научной медицинской конференции студентов и молодых ученых (Москва, 19.03.2026).

Объем и структура работы

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и библиографического указателя. Текст диссертации изложен на 139 страницах машинописного текста, иллюстрирован 16 таблицами, 34 рисунками и 14 приложениями. Список литературы содержит 119 источников: 29 работы отечественных авторов и 90 зарубежных авторов.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Дегенеративные заболевания поясничного отдела позвоночника, протекающие с потерей угловых взаимоотношений

Согласно данным ВОЗ, до 95 % лиц пожилого и старческого возраста сталкиваются с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями позвоночника [27]. Одними из проявлений остеохондроза позвоночника являются возникновение деформаций в сагиттальной плоскости, потеря угловых взаимоотношений в поясничном отделе позвоночника, изменение сагиттального профиля [64]. Эти нарушения приводят к возникновению болей [79], анталгической установке туловища [38], значительно снижая качество жизни пациентов.

Дегенеративный спондилолистез и стеноз позвоночного канала проявляются различными клинико-неврологическими синдромами, чаще всего в виде неврологического дефицита, корешковых и псевдорадикулярных болей, синдромом нейрогенной перемежающейся хромоты [55]. У подавляющего большинства пациентов симптоматические проявления сужения позвоночного канала отсутствуют, только 5–7 % популяции предъявляют соответствующие жалобы. Однако в возрастной группе старше 50 лет их количество увеличивается до 15 % [12, 61]. По данным метаанализа R.K. Jensen et al. встречаемость дегенеративного стеноза поясничного отдела позвоночника составляет 11 % в бессимптомной популяции и до 38 % – в общей [68].

Исследования показали, что дегенеративный спондилолистез чаще встречается у женщин, чем у мужчин – 8,1 % против 2,1 % соответственно [76]. Количество операций по поводу клинических проявлений дегенеративного спондилолистеза поясничного отдела позвоночника составляет 135,5 случая на 100 000 населения ежегодно [50].

Классификация Kirkaldy-Willis описывает патоморфологический каскад изменений, возникающих при дегенеративных заболеваниях позвоночника [74]. Она включает в себя три стадии: дисфункциональную, сегментарной нестабильности и стадию восстановления стабильности. На первой стадии, в результате незначительной ротационной или компрессионной травмы, происходит частичное повреждение капсулы фасеточных суставов или фиброзного кольца и небольшой подвывих дугоотростчатых суставов, которые могут привести к локальному синовиту. Локальный мышечный гипертонус обуславливает нарушение трофики и метаболизма, что, в свою очередь, может привести к фиброзированию, образованию остеофитов и дегенерации диска. Вторая стадия – сегментарной нестабильности – является следствием повреждений и изменений, возникших на первой стадии. Она характеризуется несостоятельностью капсулы фасеточных суставов, продолжающимся повреждением капсулы и фиброзного кольца. На стадии рестаблизации наблюдаются дегенерация ткани суставов и диска, формирование остеофитов, способствующих развитию компрессии интраканальных структур [43, 74].

Стеноз позвоночного канала – это клинически значимое сужение позвоночного канала, латерального углубления, фораминальных отверстий, сопровождающееся компрессией интраканальных образований – сосудов, нервов, спинного мозга [9, 18]. Классификация Arnoldi, предложенная в 1975 г., основана на определении этиологического фактора стеноза [35]. Согласно классификации, выделяют врожденные факторы (идиопатический и ахондропластический), приобретенные (дегенеративный), комбинированные, факторы, связанные со спондилолистезом/спондилолизом, ятрогенные, посттравматические и прочие (не соответствующие другим категориям).

Дегенеративный поясничный стеноз может быть обусловлен утолщением желтой связки, задней продольной связки, гипертрофией дугоотростчатых суставов, задними остеофитами тел позвонков, синовиальными кистами (кисты дугоотростчатых суставов).

Дегенеративный спондилолистез описывается как смещение вперед вышележащего позвонка относительно нижележащего. Развитие спондилолистеза связывают с дегенерацией межпозвонкового диска, сегментарной перегрузкой, и как следствие, гипермобильностью сегмента, нестабильностью и гипертрофией суставных пар, несостоятельностью связочного и мышечного аппарата. В результате запускается каскад дегенеративных изменений, приводящих к дегенеративному стенозу позвоночного канала и компрессии сосудисто-нервных образований [32, 98]. Дегенеративный спондилолистез встречается чаще в группе старше 50 лет, у женщин, в соотношении 6:1 [32]. Классификация Myerding, предложенная в 1932 г., остается актуальной на сегодняшний день и включает в себя 5 степеней смещения вышележащего позвонка относительно замыкательной пластинки (ЗП) нижележащего: I степень соответствует смещению до 25 %, II – 25–50 %, III – 50–75 %, IV – до 100 % и V – полное смещение (более 100 %) – спондилоптоз (**приложение А**).

Однако данная классификация не учитывает нарушения параметров сагиттального и фронтального профиля пациента, возникающие при дегенеративных поражениях позвоночника [7, 13].

Изучение параметров сагиттального баланса открыло новую эру в хирургии позвоночника. Так, Duval-Beaupère et al. в 1990-х годах предложили революционную концепцию параметров и их оценки [81]. Авторы подчеркнули, что сагиттальный баланс позвоночника зависит от оптимального лордотического положения позвонков, расположенных над корректно расположенным тазом.

J. Dubousset (1975 г.) предложил понятие «конус экономии», который определил как зону эффективной работы мышц. Данное понятие характеризует положение тела в пространстве относительно вертикальной линии, в котором поддержание постуральной позы требует минимальных затрат энергии и является максимально эффективным. Смещение центра массы за границы указанного пространства ведет к избыточному напряжению,

ограничению функциональных возможностей, что в итоге снижает качество жизни пациента [16, 24, 59].

Для оценки указанных взаимоотношений и точного планирования хирургического лечения разработаны классификации SRS-Schwab (2012) и O. Gille (2017). Классификация SRS-Schwab [105] оценивает ведущую дугу дегенеративной фронтальной деформации (более 30°). Согласно этой классификации выделяют грудную дугу фронтальной деформации, поясничную, двойную (с наличием грудной и поясничной дуги более 30°) и отсутствие фронтальной деформации (угол любой дуги менее 30°). Также эта классификация оценивает изменения параметров сагиттального профиля – Sagittal Vertical Axis (SVA), Pelvic Incidence – Lumbar Lordosis (PI–LL), Pelvic Tilt (PT) (**приложение Б**).

Классификация O. Gille оценивает выраженность дегенеративного спондилолистеза с позиции его влияния на сагиттальный профиль [57]. (**приложение В**). При PI–LL менее 10° баланс считается гармоничным, что соответствует типу 1А. Тип 1В характеризуется нарушением сегментарного лордоза (segmental lordosis – SL). Тип 2 описывает компенсированный дисбаланс, с изменением PI–LL >10° и PT <25° при подтипе А. Для подтипа 2В характерно увеличение PT >25°, что характерно для сохраненного глобального баланса с вовлечением механизмов тазовой компенсации. Тип 3 определяется при SVA >40 мм и характеризует глобальный дисбаланс и декомпенсацию.

Учет региональных и глобальных параметров сагиттального баланса позволяет планировать адекватный объем хирургического вмешательства, в должном объеме корригировать угловые взаимоотношения в сегменте(ах) позвоночника, начиная от декомпрессии и фиксации *in situ* и заканчивая многоуровневыми остеотомиями.

1.2 Методы лучевой диагностики дегенеративных заболеваний позвоночника

1.2.1 Постуральная рентгенография и сагиттальный баланс

Оценку параметров глобального баланса проводят на полноростовых рентгенограммах с захватом черепа и верхней трети бедренных костей в боковой и прямой проекциях [17, 65]. Определены основные параметры сагиттального профиля, по которым можно судить о сбалансированности человека. Параметр PI является константой, индивидуален у каждого человека и не изменяется после окончания костного роста. В его образовании участвуют первые крестцовые позвонки, задний край подвздошной кости, крестцово-подвздошные суставы; эти анатомические структуры представляют собой единый биомеханический комплекс, не зависящий от положения таза. По параметру SS (Sacral Slope – наклон крестца) с об ориентации крестца в сагиттальной плоскости. Его увеличение говорит о горизонтальном положении крестца, а низкое значение – о вертикальной ориентации крестца. Параметр PT указывает на вовлечение механизмов тазовой компенсации при нарушениях баланса (**рисунок 1**) [64, 81].

Была показана связь клинических проявлений дегенеративных заболеваний позвоночника и параметров сагиттального баланса. J.-C. Le Huec et al. [64] установили корреляцию радиологических параметров и клинических проявлений. Числовые значения имеют четкую взаимосвязь с концепцией «конуса экономии». Спондилодез поясничного отдела влияет на компенсаторные механизмы – уменьшение сегментарного угла, наклона крестца (SS) и грудного кифоза, а также увеличение наклона таза (PT) приводят к снижению качества жизни и увеличению послеоперационных болей. Следует отметить, что высокое значение PI у пациентов с дегенеративным спондилолистезом является предиктором развития дисбаланса и неудачных исходов хирургического вмешательства при

отсутствии необходимой интраоперационной коррекции. Фиксация позвоночно-двигательного сегмента в неправильном положении приводит к порочному положению туловища в пространстве и, как следствие, возникновению нежелательных явлений ввиду «выключения» компенсаторных механизмов.

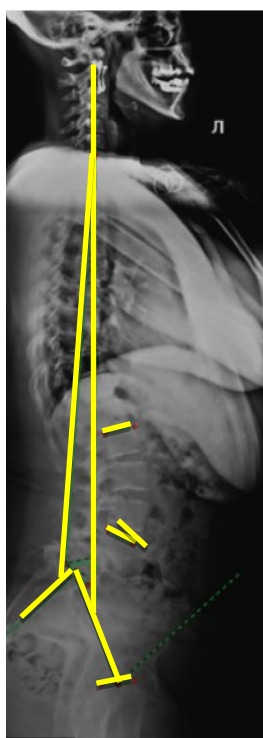


Рисунок 1 – Пример измерения сагиттальных параметров

Дефицит таких параметров как LL и SS, а также перераспределение большей части лордоза на сегменты L1–L4 до и после хирургического лечения у пациентов с дегенеративным поражением поясничного отдела позвоночника обуславливают сохранение и возникновение новых аксиальных болей. J.-Y. Lazennec et al. [79] в своем исследовании отмечают, что значение PT было в 2 раза выше индивидуальной нормы у пациентов с сохраняющимся или возникшим болевым синдромом после оперативного лечения.

По мнению C. Barrey et al. [38], потеря лордоза является не только структуральной проблемой, но и клинической, ведь при отсутствии адекватного положения может возникать болевой синдром, связанный с избыточным и неадекватным распределением дискового давления.

1.2.2 Магнитно-резонансная томография

Для подтверждения стеноза позвоночного канала при соответствующей клинической картине наиболее точным методом является магнитно-резонансная томография (МРТ), которая позволяет выявить компрессию сосудисто-нервных образований. Термином «стеноз позвоночного канала» принято обозначать патологическое циркулярное или локальное уменьшение площади позвоночного канала, компримирующее артериальные и венозные сосуды, дуральный мешок и спинной мозг, корешки, нервы и спинномозговые ганглии [18]. Существует множество классификаций, опирающихся на патогенез, этиологию, степень компрессии интраканальных структур и клинические проявления.

Широкое распространение в клинической практике и научной среде получили классификации Schizas (**приложение Г**) и Lee [75]. Данные классификации определяют компрессию дурального мешка и корешков спинного мозга на основании возможности дифференциации нервов, жировой ткани, спинномозговой жидкости. В классификации Schizas выделяют 4 степени: А – отсутствие или наличие незначимой компрессии. Корешки конского хвоста располагаются свободно, отдельно визуализируется каждый корешок, ликворные пространства сохранены, определяется эпидуральная жировая клетчатка. Степень А имеет 4 подгруппы, однако их значение в клинической практике несущественно. Степень В – умеренный стеноз. Характерно близкое нахождение корешков друг к другу, уменьшение ликворных пространств, но, несмотря на это, корешки четко дифференцируются. Степень С – выраженный стеноз. Наблюдается отсутствие дифференциации корешков и цереброспинальной жидкости, однако удается визуализировать эпидуральную жировую клетчатку. Степень D – критический стеноз – отсутствие дифференцировки интраканальных образований.

Классификация Lee имеет аналогичную систему оценки и схожую градацию. 0 степень – отсутствие компрессии (соответствует степеням А по Schizas). 1 степень – умеренная компрессия (Schizas В). 2 и 3 степень аналогичны степеням С и D классификации Schizas. Обе классификации характеризуются высокими показателями чувствительности, внутри- и межэкспертной воспроизводимости, а также коррелируют друг с другом [63, 75].

1.2.3 Компьютерная томография

Компьютерная томография (КТ) является важным методом при планировании декомпрессивно-корректирующих операций на поясничном отделе позвоночника. Она широко используется в практике с целью определения минеральной плотности костной ткани (МПКТ) [69]. Несмотря на то, что «золотым стандартом» диагностики остеопении и остеопороза остается двухэнергетическая рентген-абсорбциометрия (dual-energy x-ray absorptiometry – DEXA), КТ позволяет определить прицельную плотность участков костной ткани поясничных позвонков, повышая точность интерпретации результатов [49, 69].

Для определения МПКТ по данным КТ достаточно базового метода и не требуется использование дополнительного программного обеспечения. С целью характеристики МПКТ в зоне интереса в позвонке используют единицы Хаунсфилда (Hounsfield units – HU). Согласно данному способу, возможно прецизионное определение МПКТ по всей траектории будущего металлофиксатора. Также значения МПКТ, выраженные в HU, лучше всего коррелируют с развивающейся несостоятельностью имплантатов, в отличие от других способов определения МПКТ [30, 119].

Исследования, направленные на измерение МПКТ поясничных позвонков, имеют несколько противоречивые результаты [41, 96, 117]. Одни авторы считают, что диагностическим критерием остеопороза является

снижение значения HU в телах L1–L5-позвонков до 110, а в теле S1 – ниже 175 [117]. В то же время другие исследователи отмечают, что значения HU в норме составляют более 161 для L4, 157 для L5, 207 для S1, а пороговые значения для верификации остеопороза составляют менее 62, 58 и 68 для соответствующих позвонков [41].

Использование порогового значения показателя в HU для определения снижения МПКТ имеет высокую чувствительность (от 76 до 90 %) и высокую специфичность (от 76 до 90 %) по сравнению с DEXA, которая позволяет выявить остеопороз с частотой до 40,5 % среди пациентов с дегенеративными заболеваниями позвоночника [117, 118].

1.3 Нейропатический болевой синдром

Одной из главных особенностей течения дегенеративных заболеваний позвоночника является довольно частое наличие НБС. Встречаемость НБС в общей популяции достигает 10 % [44, 60, 99], а среди пациентов с хронической болью в спине составляет от 12 до 55 % [53, 54]. После хирургического лечения НБС регистрируют с частотой до 34 % на сроках наблюдения до 2 лет и до 36 % – при наблюдении более 2 лет [93, 94, 103]. Однако не описаны предикторы, указывающие на возможность развития НБС [36, 107]. Следует учитывать возможность развития после оперативного лечения болевого синдрома, отличного от исходного, постдекомпрессивной нейропатической боли [45]. Такого рода болевой синдром существенно влияет на исходы лечения и искажает анализируемые результаты.

Развитие НБС связывают с нарушением или дисфункцией центральной или периферической нервной системы [2, 54]. Главными отличиями НБС от ноцицептивного является отсутствие адекватного интенсивного раздражителя, патологический характер, а не защитный. Она возникает вследствие поражения невралных структур, например компрессии корешка [93], в результате чего возникают парадоксальная импульсация,

периферическая и центральная сенситизация [2]. Примерно в трети случаев НБС может возникать на фоне компрессии невралжных структур, что необходимо учитывать в когортах пациентов со стенозами позвоночного канала [93]. Однако необходима дифференцировка ноцицептивного и нейропатического болевого синдрома ввиду разных подходов к лечению [37].

Возникший после операции болевой синдром в некоторых случаях может трактоваться как синдром оперированного позвоночника (Failed back surgery syndrome – FBSS), который характеризуется болью в поясничном отделе позвоночника, возникшей или сохраняющейся (в случае сохранения болевого синдрома некоторые авторы описывают это как *persistent pain after spine surgery* (PPSS)) после хирургического лечения. Указанное состояние отягощает течение послеоперационного периода и требует дифференциальной диагностики с рядом патологий и проведения дополнительных методов исследования (МРТ, КТ, электронейромиографии (ЭНМГ) и т. д.). Выявление морфологического субстрата склоняет хирургов к проведению повторных хирургических вмешательств. Существует множество гипотез развития данного состояния, одной из которых является наличие исходного нейропатического или ноцицептивно-нейропатического болевого синдрома, что в свою очередь требует мультидисциплинарного подхода и адекватной медикаментозной терапии, как до, так и после вмешательства. Также это может быть следствием невосстановленного поясничного лордоза и/или глобального сагиттального дисбаланса [33].

Диагностика НБС осуществляется на основании клинических данных и результатов опросников. Среди проявлений данного вида боли отмечают чувство жжения, болезненный холод, ощущения как от ударов током. Указанные симптомы могут сопровождаться парестезиями, покалыванием, онемением, зудом. При осмотре врач может выявить повышенную или пониженную чувствительность к прикосновению и покалыванию иглой. С целью объективизации и простоты документирования в клинической практике используется ряд опросников, таких как диагностический опросник

нейропатической боли (франц. Douleur Neuropathique – DN), Лидская шкала оценки нейропатической боли (Leeds Assessment of Neuropathic Symptoms and Signs – LANSS), painDETECT, опросник нейропатической боли (Neuropathic Pain Questionnaire – NPQ). Среди них широкое распространение получили опросники painDETECT и опросник нейропатической боли DN4 [40, 51, 54]. Диагноз НБС является клиническим и устанавливается при наличии достаточного количества соответствующих характеристик [1].

1.4 Состояние паравертебральных мышц при дегенеративных заболеваниях поясничного отдела позвоночника

Одним из перспективных направлений в поиске предикторов успеха проведения хирургического лечения дегенеративных заболеваний позвоночника является изучение состояния паравертебральных мышц. Роль состояния мышечной ткани поясничного отдела позвоночника в механизмах восстановления глобального и регионарного сагиттального баланса остается дискуссионной на протяжении долгого времени [56, 71, 116].

Для оценки состояния мышечной ткани в клинической практике используют ультразвуковое исследование [62], МРТ [109], ЭНМГ [112]. При этом «золотым стандартом» считается МРТ [42], так как она является основным диагностическим методом выявления дегенеративно-дистрофических поражений позвоночника [48].

В систематическом анализе и метаанализе 20 исследований, проведенном Т. Seyedhoseinpoor et al. [102], выявлено, что площадь поперечного сечения *m. multifidus* и жировая дегенерация мышц играют важную роль в развитии болевого синдрома. Так, у пациентов с болью в поясничном отделе позвоночника площадь поперечного сечения мышцы была меньше (стандартизированная разница средних значений (Standardized Mean Difference – SMD) = -0,24, 95 % доверительный интервал (ДИ) от -0,5 до 0,03), а жировая дегенерация – выше (SMD = 0,61, 95 % ДИ от 0,30 до 0,91). Однако

исследование *m. psoas* и *m. erector spinae* не выявило связи между морфологией мышц и болью в спине. Таким образом, систематический обзор подтверждает взаимосвязь состояния *m. multifidus* с развитием боли, однако не подтверждает важность исследования *m. psoas* и *m. erector spinae*, что противоречит данным мировой литературы. Этот факт требует проведения дальнейших исследований.

W. Zhu et al. [116] было проведено крупное исследование (n=101) с целью поиска взаимосвязи между состоянием *m. multifidus*, *m. iliocostalis* и *m. longissimus* и параметрами сагиттального профиля до и после оперативного вмешательства. Качество паравертебральных мышц оказалось значительно хуже в группе дисбаланса ($3,4 \pm 0,4$ и $2,1 \pm 0,2$ балла, $p = 0,004$). Также авторы отмечают преобладание пациентов со значительной жировой мышечной дегенерацией в группе, у которых развился PJK (proximal junction kyphosis) ($4,2 \pm 0,2$, $p < 0,001$) [116].

В анализе, проведенном Z. Wang et al. [109] отмечено, что при дорсальных вмешательствах *m. psoas* не подвергается статистически значимым изменениям. При анализе качества мышечной ткани у пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника авторами выявлено, что жировая дегенерация мышц имеет определенную корреляцию с развитием ряда послеоперационных осложнений. Например, при выраженном стеатозе мышц более вероятны развитие синдрома смежного уровня, сохранение болей в пояснице и нарушение формирования костного блока при спондилодезе.

Однако количество высокодоказательных исследований в литературе остается незначительным, а значит, вопрос влияния мышц на восстановление параметров сагиттального баланса остается малоизученным.

1.5 Хирургическое лечение больных с сочетанием дегенеративного стеноза и спондилолистеза на поясничном уровне

Хирургическое лечение пациентов с дегенеративным спондилолистезом, сочетающимся с дегенеративным стенозом на том же поясничном уровне, имеет бóльшую эффективность по сравнению с консервативными методами. Одним из наиболее авторитетных исследований по сравнению хирургического и консервативного лечения при дегенеративных заболеваниях позвоночника является мультицентровое рандомизированное исследование SPORT (The Spine Patient Outcomes Research Trial) [110; 111]. По его результатам было определено, что хирургическое лечение дегенеративного спондилолистеза в сочетании с дегенеративным стенозом более эффективно, чем консервативное лечение. Данное исследование послужило стартовой площадкой для развития и совершенствования тактики лечения пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника.

Хирургическое лечение больных с региональными и/или глобальными дегенеративными деформациями позвоночника, особенно с применением металлоконструкции, требует обязательного учета угловых параметров и их коррекции при необходимости [64, 78, 104, 108]. Существуют разные способы декомпрессии и одновременной стабилизации при дегенеративных деформациях поясничного отдела позвоночника, выполняемых для создания необходимого сегментарного лордоза. Все они имеют схожие результаты по интраоперационной кровопотере, длительности операции, регрессу клинических симптомов по данным опросников и шкал, длительности пребывания в стационаре [34, 77, 90]. Однако данные о корригирующих возможностях (формирование необходимого сегментарного лордоза), весьма противоречивы или не приводятся в полном объеме.

Интраканальная декомпрессия сосудисто-нервных образований, выполняемая при дегенеративном стенозе позвоночного канала, имеет разные

варианты, в том числе и в объеме выполняемой декомпрессии [97]. Традиционная методика предусматривает выполнение срединного разреза с последующей двусторонней фасетэктомией и ламиноэктомией с целью «широкой» декомпрессии сосудисто-нервных образований. При выполнении минимально-инвазивной методики используют два парасагиттальных доступа по Wiltse, фасетэктомию и интерламинотомию проводят с клинически более значимой стороны, а декомпрессию противоположной части позвоночного канала осуществляют по методике «over-the-top».

Интраоперационная коррекция сегментарных взаимоотношений может быть достигнута многими хирургическими факторами или их комбинацией, основными из них являются: хирургическая техника, в том числе резекция позвонков, расположение межтелового кейджа и его тип, задняя компрессия винтами, коррекция операционным столом. Факторы, связанные с техникой, направлены на увеличение достигаемого сегментарного угла, например, за счет выполнения двусторонней фасетэктомии традиционным открытым доступом при осуществлении трансфораминального доступа (O-TLIF) к позвоночнику [88, 89].

Наиболее распространенными и универсальными методиками декомпрессивно-корректирующих вмешательств являются открытый и минимально инвазивный TLIF [5, 101]. Однако при их выполнении, по данным наиболее доказательных типов исследований (метаанализов и систематических обзоров), значения достигаемого сегментарного лордоза и возможного угла коррекции находятся в очень широком диапазоне. Например, в результате выполнения MIS-TLIF по поводу дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника зарегистрированы следующие значения сегментарного лордоза: до операции $11,2^\circ$, после операции $13,9^\circ$, объем коррекции составил $1,5^\circ$ [26], значение сегментарного угла после операции находилось в диапазоне от $4,5 \pm 2,1^\circ$ до $16,9 \pm 3,3^\circ$ [86]. В результате выполнения O-TLIF динамика значений сегментарного угла варьируется от $-1,6$ до $2,5^\circ$ [31], составляет $1,604 \pm 0,344^\circ$ [80]. Объем коррекции с

использованием обеих технологий TLIF (открытой и минимально инвазивной) варьируется в диапазоне от $0,05 \pm 2,85^\circ$ до $7,2 \pm 11,46^\circ$ [85]. Таким образом, данные авторов о корригирующих возможностях наиболее распространенных методик O-TLIF и MIS-TLIF неоднозначны – показатели могут различаться в 4 раза.

1.6 Коррекция сегментарного лордоза на поясничном уровне у пациентов с дегенеративной патологией

В литературе отсутствует единая методология измерения угла в пределах одного позвоночно-двигательного сегмента [19]. Одни авторы оценивают данный параметр как угол между смежными ЗП позвонков [83] и трактуют это значение как сегментарный лордоз, другие, используя аналогичный метод измерения, называют этот параметр дисковым углом [113] (рисунки 2). Вторая группа авторов [42] определяет сегментарный лордоз как угол между верхней ЗП верхнего позвонка и нижней ЗП нижнего позвонка в пределах одного позвоночно-двигательного сегмента. Использование единой терминологии при фактически разных методах измерения затрудняет интерпретацию результатов для стороннего наблюдателя.

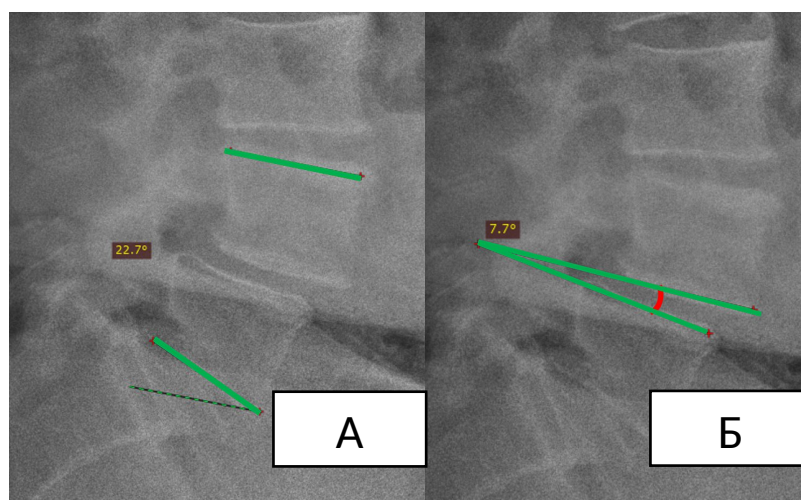


Рисунок 2 – Примеры измерения сегментарного угла без включения тел позвонков (А) и с включением тел позвонков (Б) в измерение

R. Bassani et al. [39] использовали постуральную рентгенографию позвоночника для оценки угловых параметров позвоночника, в других исследованиях авторы выполняли рентгенографию поясничного отдела позвоночника или компьютерную томографию, однако не рассчитывали фактические и гармоничные значения сагиттального профиля.

По данным литературы, одним из основных оцениваемых параметров является восстановление сегментарного лордоза на уровне вмешательства. Стоит отметить, что для осуществления интраоперационной коррекции сегментарного угла не всегда достаточно использовать лордотический кейдж, ведь формирование локального сегментарного лордоза ограничено костно-связочными структурами. С этой целью целесообразно выполнять корригирующие интраоперационные маневры [26]. Однако в ряде исследований проводилась фиксация сегмента *in situ* [28, 39, 83, 84, 91, 92, 114].

C. Berlin et al. [42] в своей статье описывают использование остеотомии по типу Schwab 2 [100], что позволяет увеличить сегментарный угол, однако, достигнутый авторами объем коррекции составил $4,8 \pm 5,7^\circ$. В дополнение к остеотомии с целью коррекции сегментарного угла авторы располагали межтеловой имплантат в передней трети дискового пространства [42, 72, 91, 108, 113], проводили коррекцию столом [88], а также использовали контракцию на стержнях транспедикулярной конструкции [87, 113, 115]. В проанализированной литературе не представлено данных о сегментарном релизе на уровне вмешательства. Также значимым является следующее наблюдение: чем меньше значение сегментарного угла до операции (чем больше сегментарный кифоз), тем большее значение этого угла можно получить после хирургического вмешательства [26, 72].

Стоит отметить, что в оригинальных исследованиях некоторые авторы приводят усредненные значения сегментарного угла, зачастую не проводя разбивку по уровням, что затрудняет или делает невозможным оценку данного параметра [28, 67, 72, 83, 87, 92]. Погрешность метода измерения

сегментарного угла может достигать 4° [88], в связи с этим изменения данного параметра до указанного значения следует трактовать с осторожностью. Н. Xie et al. [113] при выполнении O-TLIF с использованием редукционной опоры и корригирующих маневров достигли значения сегментарного угла $31,43 \pm 5,89^\circ$. Наименьшие значения коррекции были достигнуты В. O'Connor et al. при O-TLIF на уровне L3–L4 с использованием лордотических кейджей ($5,46 \pm 3,64^\circ$) [91], а также при классической O-TLIF с инструментацией сегмента *in situ* ($7,2 \pm 4,02^\circ$) [84]. Разница между пред- и после операционными значениями сегментарного лордоза – объем коррекции – представлен следующими результатами: при выполнении MIS-TLIF с корригирующими маневрами составляет $2,5^\circ$ (от -9° до 16°) [88], при O-TLIF и фиксации *in situ* – $1,04 \pm 4,34^\circ$ [73], при общем значении динамики лордоза для TLIF, PLIF, OLIF (трех методик вместе) от $6,29 \pm 1,9^\circ$ до $0,93 \pm 2,32^\circ$ [108].

S.-F.Hung et al. [67] отмечают послеоперационную потерю сегментарного лордоза на 6° , а в исследовании С.Т. Martin et al. [88] после операций MIS-TLIF с использованием лордотических пулевидных кейджей и интраоперационной коррекции столот диапазон изменений сегментарного лордоза варьировал от -9° до 16° . Таким образом, авторы отмечают не только потерю коррекции, но и формирование послеоперационного кифоза в ряде случаев.

Основные параметры анализируемых статей представлены в **таблице 1**.

Недооценка сегментарных угловых взаимоотношений при моносегментарном поясничном спондилодезе может приводить к развитию или усилению локального и/или глобального дисбаланса или формированию деформаций [13], снижению качества жизни или инвалидизации пациента и появлению послеоперационных болей [64], а также способствовать ускоренной дегенерации сегментов, смежных к уровню вмешательства [26, 92, 106].

Таблица 1 – Основные параметры анализируемых статей по коррекции сегментарного лордоза на поясничном уровне у пациентов с дегенеративной патологией

Статья	Патология, количество пациентов	Хирургические техники	Параметры баланса и способ измерения сегментарного угла	Сегментарный лордоз до операции	Сегментарный лордоз после операции	Детали хирургической техники
Martin C., 2020 [88]	Дегенеративный стеноз и спондилолистез, n=100; Истмический спондилолистез, n=1; Фасеточные кисты, n=4; Грыжа диска, n=2	MIS-TLIF	LL, SL с телами, DH (высота диска), Измерение SL с телами, DA без тел	SL с телами: MIS-TLIF 18,6 ± 6,4, 14,3 ± 5,7 DA без тел: MIS-TLIF 8,4 ± 4,2	SL с телами: MIS-TLIF 20,48°, 18,68°	Банановидный кейдж, коррекция только столом
				Угол коррекции: Δ MIS-TLIF= 2,5° (от -9° до 16°)		
Li F., 2020 [83]	Дегенеративный стеноз, n=59; Грыжа диска, n=29	MIS-TLIF, O-TLIF	SL, DH Измерение SL без тел	SL без тел: MIS-TLIF 7,36± 3,07 SL без тел: O-TLIF 9,05 ± 5,48	SL без тел: MIS-TLIF 10,24 ± 4,79 SL без тел: O-TLIF 12,34 ± 4,74	Тип кейджа не указан, корригирующие маневры не указаны
Wang, D, 2024 [108]	Дегенеративный спондилолистез, n=192	TLIF, PLIF, OLIF	DH, DA, SL, LL, Измерение SL L4–L5 с телами, DA без тел	SL с телами: 10,73 ± 5,65, 18,24 ± 6,18 DA без тел: 6,78 ± 5,10, 11,84 ± 4,79		Тип кейджа не указан, положение кейджа кпереди
				Угол коррекции: Δ SL 6.29 ± 1.9, Δ SL 0.93 ± 2.32		

Продолжение таблицы 1

Статья	Патология, количество пациентов	Хирургические техники	Параметры баланса и способ измерения сегментарного угла	Сегментарный лордоз до операции	Сегментарный лордоз после операции	Детали хирургической техники
O'Connor B., 2024 [91]	Дегенеративный и истмический спондилолистез, n=98	ALIF, TLIF	LL, SL, PI, Измерение SL с телами	SL с телами: L5–S1 $9,52 \pm 6,75$, L4–L5 $11,43 \pm 4,06$, L3–L4 $8,05 \pm 4,00$	SL с телами: L5-S1 $16,78 \pm 6,46$, L4–L5 $7,56 \pm 4,08$, L3–L4 $5,46 \pm 3,64$	Лордотический кейдж, корригирующие маневры не указаны
Kim M, 2024 [73]	Дегенеративный спондилолистез, n=113	LLIF, TLIF	SL, LL, PI, PI-LL, Измерение SL без тел	Угол коррекции: Δ TLIF= $1,04 \pm 4,34$		Банановидный кейдж, положение кейджа кпереди, только непрямая декомпрессия
Loubeyre J, 2023 [87]	Дегенеративный спондилолистез, n=103	TLIF, PLF	PI, PT, C7ST, SSA, LL, SL, Измерение SL с телами	SL с телами: TLIF $14,2 \pm 6,6$	SL с телами: TLIF $15,6^\circ \pm 8,9$	Тип кейджа не указан или без кейджа, иногда выполняли заднюю компрессию
Farber S, 2023 [52]	Спондилолистез, спондилёз, n=108	MIS-TLIF, ALIF	SL, LL, DA, NH Измерение SL с телами, DA без тел	SL с телами: TLIF $19,1 \pm 6,3$ DA без тел: TLIF $8,8 \pm 5,5$	SL с телами: DA без тел: TLIF $21,1 \pm 5,5$ DA TLIF $11,7 \pm 4,1$	Лордотический кейдж, только непряная декомпрессия
Yingsakmongkol W., 2022 [114]	Дегенеративные заболевания поясничного отдела, n=90	MIS-TLIF, XLIF, OLIF	DH, FH, SL, LL, Измерение SL с телами	SL с телами: MIS-TLIF $10,6 \pm 5,93$	SL с телами: MIS-TLIF $12,8 \pm 6$	Для TLIF прямой кейдж, корригирующие маневры не указаны

Продолжение таблицы 1

Статья	Патология, количество пациентов	Хирургические техники	Параметры баланса и способ измерения сегментарного угла	Сегментарный лордоз до операции	Сегментарный лордоз после операции	Детали хирургической техники
Xie H., 2022 [113]	Дегенеративный спондилолистез, n=66 Истмический спондилолистез, n=59	Односторонний TLIF с использованием редуccionной опоры	facet joint angle (FJA), DH, FH, SL, IA, Измерение SL с телами, IA без тел	SL с телами: L4-L5 $18,96 \pm 5,88$, L5-S1 $29,10 \pm 5,69$ IA без тел: L4-L5 $5,27 \pm 3,26$, L5-S1 $7,53 \pm 4,40$	SL с телами: L4-L5 19.89 ± 6.11 , L5-S1 31.43 ± 5.89 IA без тел: L4-L5 6.58 ± 2.77 , L5-S1 9.90 ± 4.04	Почковидный кейдж, положение кейджа кпереди, выполняли задняя компрессия
Berlin C., 2021 [42]	Дегенеративные заболевания поясничного отдела, n=121	TLIF	SL, LL, Измерение SL с телами	SL с телами: $21,0 \pm 7,2^\circ$	SL с телами: $25,8 \pm 6,0$	Лордотический кейдж, положение кейджа кпереди, дополняли остеотомией Schwabb 2
Li R, 2021 [84]	Дегенеративные заболевания поясничного отдела, n=63	OLIF, TLIF	DH, FH, SL, LL, PT, PI, SS Измерение FSL= fused segmental lordosis (с телами)	FSL с телами: TLIF $6,2 \pm 3,27$	FSL с телами: TLIF $7,2 \pm 4,02$	Тип кейджа не указан, корректирующие маневры не указаны
Спиридонов, 2021 [28]	Дегенеративные заболевания поясничного отдела, n=98	MIS-TLIF, O-TLIF	GLL, SLL, PI, PT, SS, Измерение SLL= L4-S1 с телами SL с телами	SLL с телами: L5-S1 $22,1 \pm 8,9$, $22,3 \pm 8,6$	SLL с телами: L5-S1 $20,2 \pm 9,5$, $24,9 \pm 6,9$	Тип кейджа не указан, корректирующие маневры не указаны

Продолжение таблицы 1

Статья	Патология, количество пациентов	Хирургические техники	Параметры баланса и способ измерения сегментарного угла	Сегментарный лордоз до операции	Сегментарный лордоз после операции	Детали хирургической техники
Zhu L, 2021 [115]	Low grade Дегенеративный спондилолистез, n=112	MIS-TLIF, anterolateral LIF	DH, LL, SL Измерение SL с телами	SL с телами: MIS-TLIF $14,7 \pm 6,2$	SL с телами: MIS-TLIF $16,9 \pm 5,3$	Тип кейджа не указан, выполняли задняя компрессия
Khalifeh J, 2021 [72]	Дегенеративный low grade спондилолистез, n=51	MIS-TLIF	DH, FH, SL Измерение SL с телами	SL с телами: Общий $12,2 \pm 8,8$ Статический кейдж $5,6 \pm 3,3$ Расширяемый $13,7 \pm 9,0$	SL с телами: Общий $16,5 \pm 7,7$ Статический кейдж $9,9 \pm 2,9$ Расширяемый $18,0 \pm 7,7$	Банановидный кейдж, иногда лордотический или расширяемый, положение кейджа кпереди
Hung S., 2021 [67]	Дегенеративные заболевания поясничного отдела, n=62	MIS-TLIF, OLIF	SL, DH Измерение SL с телами	SL с телами: MIS-TLIF $17,12 \pm 8,73$	SL с телами: MIS-TLIF $11,43 \pm 5,89$	Лордотический буллет-кейдж, подбирался большим размером, чем высота диска, корректирующие маневры не указаны

Окончание таблицы 1

Статья	Патология, количество пациентов	Хирургические техники	Параметры баланса и способ измерения сегментарного угла	Сегментарный лордоз до операции	Сегментарный лордоз после операции	Детали хирургической техники
Bassani R., 2020 [39]	Дегенеративные заболевания поясничного	ALIF, TLIF	PI, PT, SS, LL, LLL, SL	SL с телами: TLIF $19,8^\circ \pm 12,3^\circ$	SL с телами: TLIF $22,9 \pm 5,7$	Тип кейджа не указан, корректирующие

	отдела, n=72		Измерение SL с телами			маневры не указаны, постуральные рентгенограммы перед операцией (EOS imaging)
Oikonomidis S., 2020 [92]	Дегенеративные заболевания поясничного отдела, n=138	TLIF, PLIF	PI, PT, SS, LL, SL, Измерение SL с телами	SL с телами: TLIF 21,7 ± 10,1	SL с телами: TLIF 25,9 ± 10,1	Лордотический кейдж при TLIF, корректирующие маневры не указаны

Примечание: ALIF – anterior lumbar interbody fusion (передний поясничный межтеловой спондилодез); AL (anterolateral) LIF – anterolateral lumbar interbody fusion (передне-боковой поясничный межтеловой спондилодез); PLIF – posterior lumbar interbody fusion (задний поясничный межтеловой спондилодез); OLIF – oblique lumbar interbody fusion (прямой поясничный межтеловой спондилодез); PLF – posterior lumbar fixation (дорсальная поясничная фиксация); PI – pelvic incidence (наклон таза); PT – pelvic tilt (угол наклона таза); SS – sacral slope (наклон крестца); LL – lumbar lordosis (поясничный лордоз); SA – segmental angle (сегментальный угол); SL – segmental lordosis (угол сегментарного лордоза); SSL – segmental lumbar lordosis (сегментарный поясничный лордоз); DA – disc angle (дисковый угол); DH – disc height (высота диска); FH (NH) – (neuro) foramen height (высота (нейро) фораминального отверстия); GLL – global lumbar lordosis (общий поясничный лордоз); LLL – lower lumbar lordosis (нижнепоясничный лордоз); FJA – facet joint angle (угол фасеточных суставов); C7ST – C7 sagittal tilt (наклон C7-позвонка в сагиттальной плоскости); SSA – spinosacral angle (пояснично-крестцовый угол)

Таким образом, имеющиеся данные литературы о корригирующих возможностях TLIF на поясничном уровне весьма неоднородны и не могут быть подвергнуты методичной и систематической оценке. Требуется проведение высокодоказательных исследований, преследующих единые цели и имеющих единую методологию оценки сегментарного угла и параметров сагиттального баланса.

1.7 Дистанционное периоперационное наблюдение пациентов

Успех лечения пациентов заключается не только в отлично выполненном хирургическом вмешательстве, но и в клинической удовлетворенности больного, что часто взаимосвязано. С целью «объективизации» субъективных данных пациента применяют клинические опросники, а также оценку динамики их значений до и после операции или с течением времени. Так, применение клинических опросников помогает выявить НБС или тревогу и депрессию, а также оценить результат лечения, динамику выздоровления после декомпрессивно-корригирующих вмешательств при дегенеративном поражении поясничного отдела позвоночника.

Систематический сплошной сбор клинических данных пациентов, проходящих лечение в отделении и/или участвующих в клиническом исследовании, является весьма сложным и времязатратным. Обычно используют только телефонную связь и электронную почту, применение иных достаточно удобных общедоступных мессенджеров не разрешено по ряду причин. И здесь на помощь врачу-исследователю могут прийти цифровые технологии. Применение автоматизированного наблюдения и сбора данных позволяет своевременно изменить тактику лечения, значительно сокращает время реагирования врача на возникающее осложнение, контролировать эффективность лечения в реальном времени [10].

В настоящее время в России существует несколько платформ для дистанционного взаимодействия врача и пациента, направленных на развитие телемедицинских услуг [29], однако они в большей степени ориентированы на врачей общей практики, на проведение дистанционного консультирования без возможности мониторинга, включающего чат-боты и телемедицинские консультации специалистов. Их развитие зачастую сдерживается регуляторными барьерами и недостаточной цифровой грамотностью населения. Цифровая платформа [11] представляется оптимальной основой для автоматизированного наблюдения пациентов в течение всего периоперационного периода, что позволяет осуществлять динамическое наблюдение, сбор, накопление и анализ данных. Она имеет широкий арсенал базовых возможностей, «дружелюбный» интерфейс, однако требует адаптации протоколов / сценариев работы для применения их при конкретных нозологиях и видах вмешательств. Для каждого из них разрабатываются порядок взаимодействия, набор лабораторных и инструментальных обследований, перечень параметров оценки, список опросников с графиком отправки и заполнения.

Применение платформы телемедицины уже показало свою эффективность при наблюдении пациентов с инфекционными заболеваниями позвоночника [10], в работе акушерского стационара [25]. С использованием данной платформы врач-исследователь может проводить сбор необходимых клинических данных по опросникам, в четко установленное временное окно. Больной имеет возможность заполнить данные опросники в спокойной обстановке без спешки, а также при необходимости задать вопросы. Такие пациенты, находящиеся в контакте с врачом / клиникой, больше привержены проводимому лечению, заинтересованы в результате, имеют большую комплаентность для участия в клинических исследованиях.

1.8 Выбор тактики хирургического лечения больных с сочетанием дегенеративного стеноза и спондилолистеза на поясничном уровне

При рассмотрении вопроса о целесообразности и тактике хирургического лечения больного с сочетанием дегенеративного стеноза и спондилолистеза вертебролог опирается на свой опыт, практические навыки, достоверные данные литературы и клинические рекомендации, а также учитывает мнение самого пациента.

В настоящее время существует множество хирургических подходов к лечению пациентов с дегенеративным спондилолистезом, сочетающимся с дегенеративным стенозом позвоночного канала. Однако сформированного алгоритма выбора хирургической техники на сегодняшний момент не существует [8, 95]. В то же время существуют фундаментальные научные работы, рассматривающие этот вопрос.

В своей работе С.Г. Млявых разработал алгоритм выбора тактики хирургического лечения пациентов с дегенеративным одно- или многоуровневым симптоматическим поясничным стенозом, который учитывает диагностические критерии, риски возможных осложнений и определяет предпочтительный вид вмешательства как по объему, так и по степени его инвазивности [20].

В.С. Климов представил алгоритм дифференцированного хирургического лечения пациентов пожилого и старческого возраста с дегенеративной патологией поясничного отдела позвоночника, в том числе с деформациями, на основании выделенных критериев комплексной оценки (доминирующих синдромов) [14]. Также в этом алгоритме учитывается предоперационный региональный и глобальный дисбаланс больного как фактор, определяющий выбор хирургической технологии.

А.С. Никитин в своей диссертационной работе также разработал алгоритм дифференцированного подхода к выбору способа лечения больных с дегенеративным поясничным стенозом в зависимости от клинико-

морфологического субстрата, который включает и консервативные, и хирургические методы [23].

Вышеприведенные тактические алгоритмы учитывают в себе различные критерии (клинические, диагностические, морфологические), их количество и только дополняют друг друга. Также недостаточно освещенным является тактика при необходимости коррекции локальной и/или глобальной деформации позвоночника. Для получения прогнозируемого результата выполнения декомпрессивно-корригирующего вмешательства необходимо следовать стандартизованному алгоритму определения объема и характера хирургического лечения.

1.9 Резюме

Дегенеративные заболевания позвоночника часто характеризуются наличием НБС или его развитием после хирургического лечения. Исходное наличие НБС не является показанием к хирургическому вмешательству и оказывает неблагоприятное влияние на клинические исходы лечения ввиду разных нозологических подходов. Возникновение НБС в послеоперационном периоде требует развернутого обследования с целью выявления возможных причин его появления и определения оптимальной тактики, чтобы избежать неоправданных хирургических вмешательств. Однако, несмотря на широкую освещенность вопроса НБС в мировой литературы, предикторы ее возникновения остаются малоизученными.

Перспективным направлением изучения исходов хирургического лечения является оценка качественных и количественных характеристик паравертебральных мышц. Среди множества подходов к измерению параметров мышечной ткани рутинным является использование МРТ ввиду ее применения для диагностики дегенеративных поражений поясничного отдела позвоночника. В мировой литературе представлено множество исследований, выявляющих статистически значимые связи состояния *m.*

psoas, *m. erector spinae*, *m. multifidus* с сохраняющимся болевым синдромом, развитием послеоперационных осложнений и сагиттальным дисбалансом. Ввиду гетерогенности результатов и отсутствия единого мнения относительно роли тех или иных мышц, требуется проведение дополнительных исследований.

В лечении пациентов с дегенеративным стенозом позвоночного канала и дегенеративным спондилолистезом используется множество хирургических методик. Наиболее распространенными и универсальными стали O-TLIF и MIS-TLIF. Несмотря на довольно большой опыт их применения, возможности коррекции сегментарного лордоза остаются малоизученными. Недоучет угловых параметров на этапах планирования вмешательства и операции приводит к усилению послеоперационных болей и ухудшению качества жизни пациента, а также возникновению деформаций и ускоренной дегенерации смежных сегментов. Данные доступной литературы носят разрозненный и противоречивый характер, что не позволяет сформировать единого мнения.

Применение опросников является необходимым не только в научной, но и в клинической практике. Например, диагностика НБС представляется весьма затруднительной без анкетирования пациента. Также сравнение данных, полученных до и после оперативного вмешательства, позволяет оценить эффективность проведенного лечения. Однако сбор этих данных является весьма сложным процессом, требующим непосредственного участия исследователя. В Российской Федерации применяется несколько цифровых платформ с целью автоматизации, динамического наблюдения и формирования баз данных. Большинство широко используемых систем дистанционного наблюдения предназначены для использования врачами общей практики, одной из специализированных и пластичных платформ является Medsenger. Данное приложение было применено в работе с пациентами с инфекционными заболеваниями позвоночника и при наблюдении пациентов акушерско-гинекологического профиля. Внедрение систем телемедицины с целью наблюдения и систематизации данных больных

с дегенеративно-дистрофическим поражением поясничного отдела позвоночника является актуальным и требует дальнейшего изучения.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Диссертационная работа представлена ретро- и проспективными исследованиями по изучению результатов и особенностей хирургического лечения пациентов с дегенеративными заболеваниями позвоночника. Структура диссертационной работы содержит: проспективное рандомизированное исследование (**глава 3**), проспективное наблюдательное исследование (**глава 4**) и ретроспективное когортное исследование (**глава 5**) (**рисунок 3**). Все исследования проведены на клинической базе 12-го травматолого-ортопедического отделения ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н. Н. Приорова» Минздрава России.



Рисунок 3 – Схема диссертационного исследования

2.1 Проспективное рандомизированное исследование оценки клинической эффективности двух хирургических технологий

Исследование проведено согласно зарегистрированному протоколу (NCT04594980, <https://clinicaltrials.gov/>). Дизайн исследования – открытое проспективное рандомизированное клиническое исследование [82].

В исследование были включены пациенты, страдающие вертеброгенной поли-(моно-) компрессионно-ишемической радикулопатией (в том числе нейрогенной перемежающейся хромотой), обусловленной сочетанием дегенеративного спондилолистеза и дегенеративного стеноза позвоночного канала на одном поясничном уровне.

Критерии включения:

- Возраст 40–75 лет;
- Нейрогенная клаудикация или полирадикулярная компрессия, обусловленная сочетанием дегенеративного стеноза позвоночного канала и спондилолистеза на одном из уровней: L3–L4, L4–L5, L5–S1;
- Продолжительность жалоб не менее 3 мес.;
- Подписанное информированное согласие;
- Желание и возможность участвовать в исследовании и соблюдать график визитов;
- ODI не менее 40.

Критерии невключения

- Двусторонний фораменальный стеноз, требующий декомпрессии;
- Дегенеративный спондилолистез подтипов 2В, 3 по классификации O. Gille;
- Дегенеративный спондилолистез 2-й или выше степени по классификации Meyerding;
- Противоречия или невозможность соблюдать протокол или выполнять контрольные исследования;
- Наличие металлоконструкции в поясничном отделе позвоночника;

- Недегенеративная патология;
- Наличие или анамнез неврологического заболевания, которое может влиять на результаты исследования;
- Клинически значимое поражение сосудов нижних конечностей;
- Параллельное участие пациента в ином исследовании.

Дизайном исследования определены 5 визитов участия: первичный скрининг, рандомизация, оперативное лечение, выписка или 14-й день после операции, 3 мес. после операции (**таблица 2**). На визитах проводили клинический осмотр, сбор клинических данных, лучевую диагностику с фиксацией полученных параметров, регистрацию нежелательных явлений.

Таблица 2 – График визитов и процедур проспективного рандомизированного исследования

Исследуемый параметр	Визит 1	Визит 2	Визит 3	Визит 4	Визит 5
	Скрининг	Рандомизация	День операции	Выписка	3 мес. после операции
Информированное согласие	+				
Общие параметры	+				
ODI	+				+
NPRS спина, NPRS нога	+			+	+
DN4	+			+	+
HTI (SF-36)				+	+
CGIC				+	+
Рандомизация		+			
Хирургическое лечение			+		
Постуральная рентгенография	+				
MPT	+				
КТ	+			+	
Нежелательные явления	+	+	+	+	+

Все пациенты, включенные в исследование, были вертикализированы в день операции или на следующие сутки. Консультированы врачом-реабилитологом и проходили программу реабилитации, принятую в ФГБУ

«НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России. В зависимости от реабилитационного потенциала пациента в программу вносили индивидуальные поправки. Оценка реабилитации не входила в задачи данной научной работы.

2.1.1 Клинические параметры

Общие показатели включали: рост, массу тела пациента, индекс массы тела (ИМТ), возраст.

2.1.2 Первичная конечная точка: значение опросника Освестри

Для оценки выраженности нарушений функциональных возможностей пациентов использовали ODI. Применяли официальную валидизированную в России версию на русском языке (версия опросника V.2.1a), состоящую из 10 пунктов, ответ на каждый из которых варьируется от 0 до 5 баллов (**приложение Д**). Полученные баллы переводили в проценты и оценивали влияние болевого синдрома на повседневную жизнь пациента.

Первичной конечной точкой исследования считали изменение значения ODI через 3 мес. после операции по сравнению с дооперационными данными. Успехом оперативного вмешательства является достижение минимально клинически значимого изменения (Minimal Clinically Important Difference – MCID). Для опросника ODI на сроке 3 мес. после операции значение MCID составляет 12 пунктов [3].

2.1.3 Вторичные конечные точки

Вторичными конечными точками исследования были значения или динамика показателей других клинических опросников, данных лучевых методов обследования, параметров безопасности.

2.1.3.1 Оценка интенсивности болевого синдрома

Оценку интенсивности болевого синдрома проводили по числовой рейтинговой шкале (NPRS). Боль в ногах и в спине оценивали отдельно (**приложение Е**).

2.1.3.2 Субъективная оценка удовлетворенности лечением

С целью субъективной оценки состояния пациента после хирургического лечения использовали шкалу оценки удовлетворенности пациента опросника SF-36 (The 36-Item Short Form Health Survey questionnaire (HTI)) и шкалу общего клинического впечатления (Clinical Global Impression of Change – CGIC) для лечащего врача.

Пациентам предлагали оценить изменение своего состояния на контрольном осмотре по градации: «Значительно лучше, чем перед операцией», «Несколько лучше, чем перед операцией», «Примерно так же, как перед операцией», «Несколько хуже, чем перед операцией», «Гораздо хуже, чем перед операцией» (**приложение Ж и И**). С целью дальнейшей обработки результатов и упрощения подсчета каждому ответу было присвоено значение в числовой последовательности от 1 до 5, где 1 соответствует наилучшему, а 5 – наихудшему состоянию пациента после операции. Оценка лечащим врачом проводилась аналогичным образом согласно опроснику CGIC.

Использование этих субъективных критериев позволяет провести комплексную оценку состояния здоровья пациентов. При этом оценка одних и тех же критериев, но с разных позиций – пациента и врача, позволяет объективизировать субъективные параметры и сформировать картину восприятия боли пациентом.

2.1.3.3 Нейропатический болевой синдром

Для оценки характера болевого синдрома и выявления его нейропатической составляющей применяли опросник DN4 (Douleur Neuropathique en 4 questions). Он состоит из 7 вопросов для пациента, описывающих тип и характер имеющейся боли, и 3 вопросов для опрашивающего, касающихся изменений чувствительности, определяемых во время клинического осмотра. Каждый положительный ответ оценивается в 1 балл, а сумма баллов ≥ 4 указывает на наличие у пациента нейропатического или смешанного с нейропатическим (ноцицептивно-нейропатического) болевого синдрома. Выбор в пользу именно опросника DN-4 обусловлен простотой его использования и широким использованием как в отечественных, так и в зарубежных исследованиях (**приложение К**).

2.1.4 Нежелательные явления

В каждой исследуемой группе оценивали периоперационные нежелательные явления, которые не оказывали существенного влияния на ход исследования, но должны были быть задокументированы, согласно протоколу исследования. Например, обострение хронических заболеваний, из-за которых приходилось смещать дату госпитализации и оперативного лечения, или некорректно заполненные опросники и согласие на участие в исследовании.

2.1.5 Исследуемые популяции

Анализ проведен в популяции «по протоколу» (Per-Protocol, PP) и в модифицированной популяции (Modified Intent-to-Treat Population, mITT).

В популяцию PP вошли рандомизированные пациенты, прошедшие визит на сроке 3 мес., у которых не было значительных нарушений требований

протокола. В популяцию mITT были включены все пациенты, у которых был заполнен хотя бы один послеоперационный визит.

Проведенный анализ PP будет оценен как первичный анализ эффективности, а анализ mITT – как вторичный.

2.2 Инструментальные методы обследований

2.2.1 Постуральная рентгенография

Одним из наиболее важных методов инструментального обследования для планирования и выполнения декомпрессивно-корректирующих вмешательств на поясничном отделе позвоночника является полноростовая постуральная рентгенография позвоночника в прямой и боковой проекциях. Данный метод позволяет определить сбалансированность позвоночника, включение компенсаторных механизмов, уточнить угловые взаимоотношения позвоночного столба в сагиттальной и фронтальной плоскостях, выявить аномалии развития и деформации, а также их комбинации.

Постуральную рентгенографию проводили в положении пациента стоя в прямой и боковой проекции. При осуществлении съемки во фронтальной плоскости руки пациента располагали вдоль корпуса. Снимок в сагиттальной плоскости выполняли при горизонтальном положении взора пациента и сгибании рук в локтевых суставах, с расположением кистей на противоположных надплечьях. Обязательным при выполнении каждой проекции являлось то, что пациент не должен был прислоняться и держаться за что-либо, а также сгибать нижние конечности. После корректного расположения исследуемого необходима пауза продолжительностью не более 2 мин, с целью принятия наиболее привычной позиции, и, как следствие, точного определения параметров глобального и локального баланса позвоночного столба. Границами снимка служат слуховое отверстие черепа и верхняя треть бедренных костей.

Следующим этапом рентген-лаборант осуществляет «сшивку» полученных рентгенограмм для получения итоговых объединенных полноростовых вертеброграмм. Оценка точности проводится вручную посредством сопоставления анатомических ориентиров каждого отдела, необходимого для исследования. Контрольное определение качества сопоставления исходных и конечных снимков проводили врач-рентгенолог и исследователь. Результат корректного выполнения постуральной рентгенографии представлен на **рисунке 4**.



Рисунок 4 – Пример выполненной постуральной рентгенограммы

Приоритетной целью исследования являлась оценка параметров сегментарного, регионарного и глобального саггитального профиля позвоночника. С помощью вертеброграмм в боковой проекции оценивали следующие показатели: PI (Pelvic Incidence), PT (Pelvic Tilt), SS (Sacral Slope), сегментарные углы каждого поясничного позвоночно-двигательного

сегмента, углы общего поясничного лордоза GLL (L1–S1) и нижнепоясничного лордоза LLL (L4–S1), SVA, PI–LL, типы Roussouly.

Одним из основных параметров сагиттального баланса является параметр PI, который является константой.

Измерение угла PI (**рисунок 5**):

1. Определить линию, соответствующую плоскости ЗП S1-позвонка (Линия 1).
2. Определить середину верхней ЗП S1-позвонка (точка 2),
3. Построить перпендикуляр от середины ЗП S1 (линия 3).
4. Определить точки центра головок бедренных костей, соединить их линией и найти её центр (точка 4).

Провести линию от точки 4 к основанию перпендикуляра S1-позвонка и измерить получившийся угол.

Измерение параметра PT (**рисунок 6**):

1. Определить линию, соответствующую плоскости ЗП S1-позвонка (Линия 1).
2. Определить середину верхней ЗП S1-позвонка (точка 2).
3. Определить точки центра головок бедренных костей, соединить их линией и найти её центр (точка 3).
4. Провести линию (линия 4), соединяющую точку 2 и точку 3.
5. Построить вертикаль к точке 3, определить угол между вертикалью и линией 4.

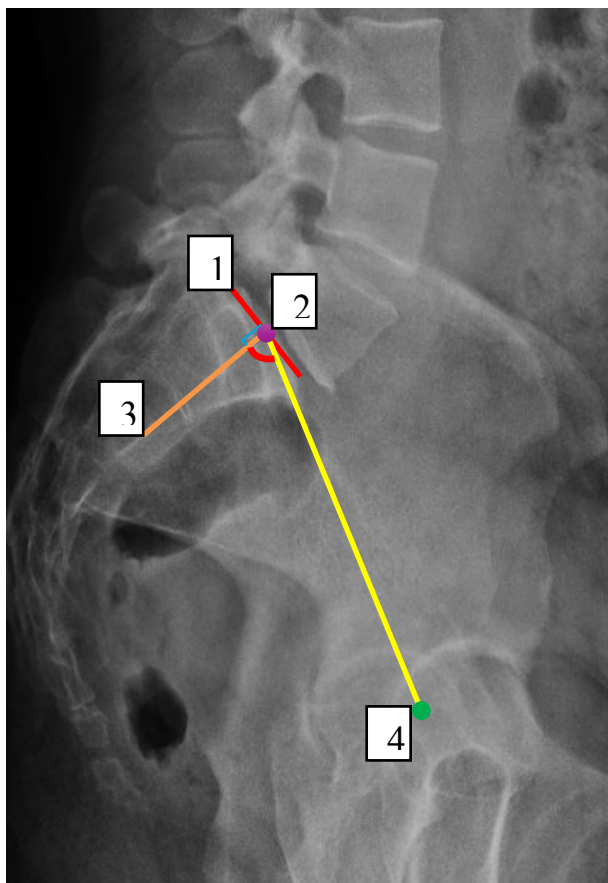


Рисунок 5 – Пример измерения PI

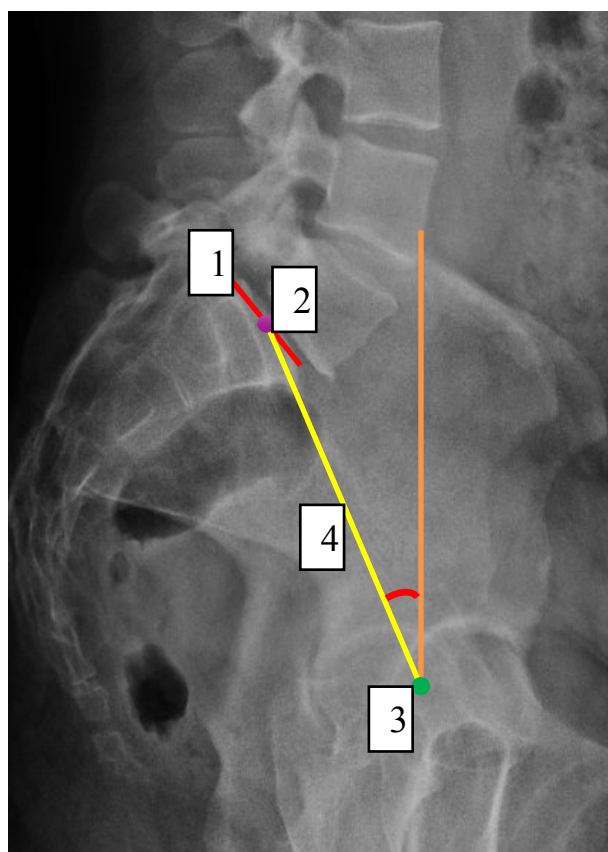


Рисунок 6 – Пример измерения PT

Одним из способов компенсации сагиттального дисбаланса является увлечение наклона таза кпереди. Рентгенологически это проявляется увеличением параметра PT: возрастание в диапазоне от 10 до 20° происходит при компенсации, а при декомпенсации – более 20°, согласно классификации SRS-Schwab.

Измерение параметра GLL (**рисунок 7**):

1. Определить линию, соответствующую плоскости ЗП S1-позвонка (Линия 1).
2. Определить линию плоскости ЗП L1-позвонка (Линия 2).
3. Измерить угол между линиями.

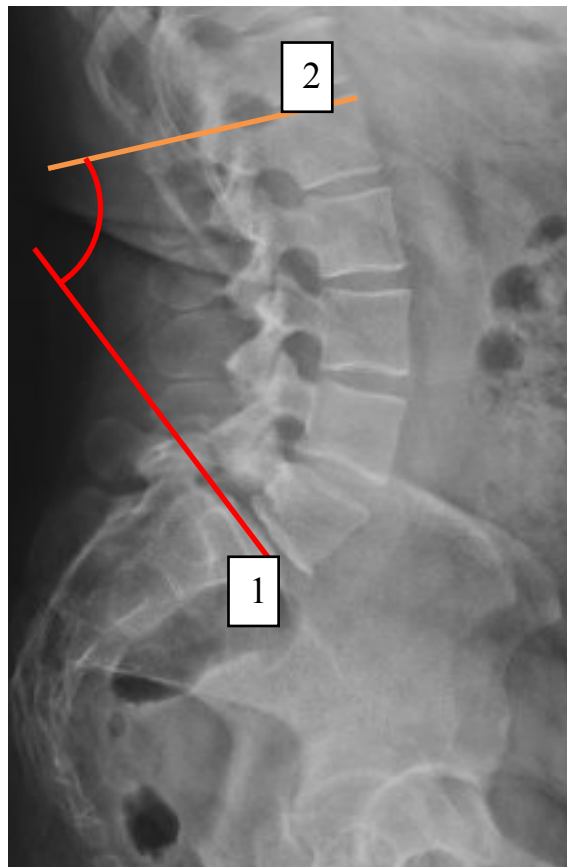


Рисунок 7 – Пример измерения GLL

С целью предоперационного планирования объема коррекции дисбаланса необходим расчет идеального значения GLL. Для этого используется формула $GLL = 31,1 - 0,15 \times \text{возраст} + 0,58 \times PI$. Разница между фактическим и расчетным значением свидетельствует о необходимости

проведения корригирующих вмешательств. Значение нормы данного параметра определяется в диапазоне $\pm 10\%$ от идеального.

Измерение параметра LLL (**рисунок 8**):

1. Определить линию, соответствующую плоскости ЗП S1-позвонка (Линия 1);
2. Определить линию плоскости ЗП L4-позвонка (Линия 2);
3. Измерить угол между линиями.

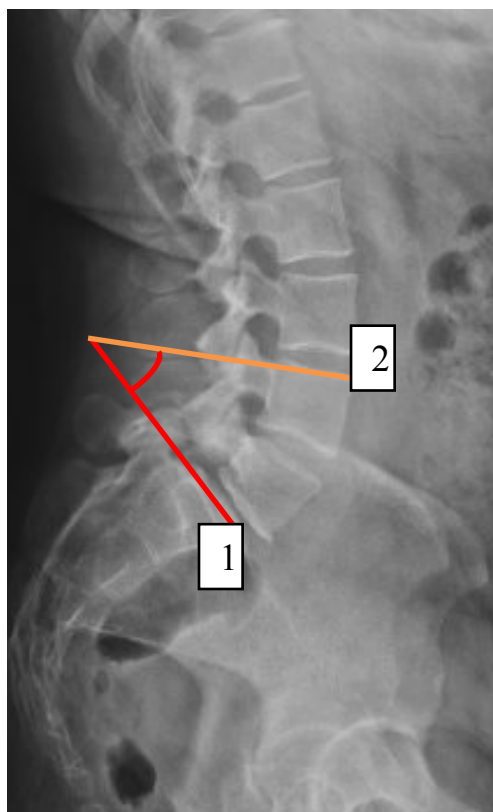


Рисунок 8 – Пример измерения LLL

Значение LLL составляет определенный процент от GLL, в зависимости от типа Roussouly: 80–90 % для типов 1 и 2, 70–80 % для типа 3 и 60–70 % для типа 4.

Измерение сегментарных углов (**рисунок 9**):

1. Определить линию нижней ЗП вышележащего позвонка (Линия 1).
2. Определить линию верхней ЗП нижележащего позвонка (Линия 2) позвоночно-двигательного сегмента.
3. Определить угол между ними.

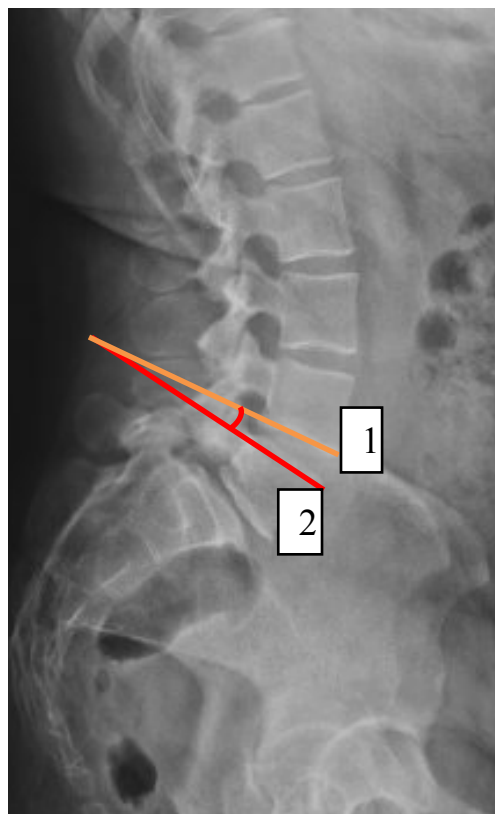


Рисунок 9 – Пример измерения сегментарного угла на уровне L4–L5

Среди показателей глобального сагиттального баланса проводили оценку параметра SVA. При значении указанного показателя более 40 мм глобальный сагиттальный баланс считался нарушенным.

Измерение параметра SVA (**рисунок 10**):

1. Определить центр С7-позвонка и провести вертикаль.
2. Определить задний край тела S1-позвонка и провести вертикаль.
3. Измерить расстояние между полученными линиями.

Все параметры измеряли, оценивали и вносили в медицинскую документацию. Согласно предоперационным значениям рассчитывали «идеальные» параметры в каждом конкретном случае, определяли объем коррекции угловых взаимоотношений и интраоперационную тактику.

Идеальные параметры рассчитывали по формулам:

$$GLL = 31,1 - 0,15 \times \text{возраст} + 0,58 \times PI;$$

$$PT = 0,44 \times PI - 11;$$

$$SS = PI - PT;$$

$$LLL = 70 \% * GLL \text{ (идеал.) } * \text{в зависимости от туннеля Roussouly}$$

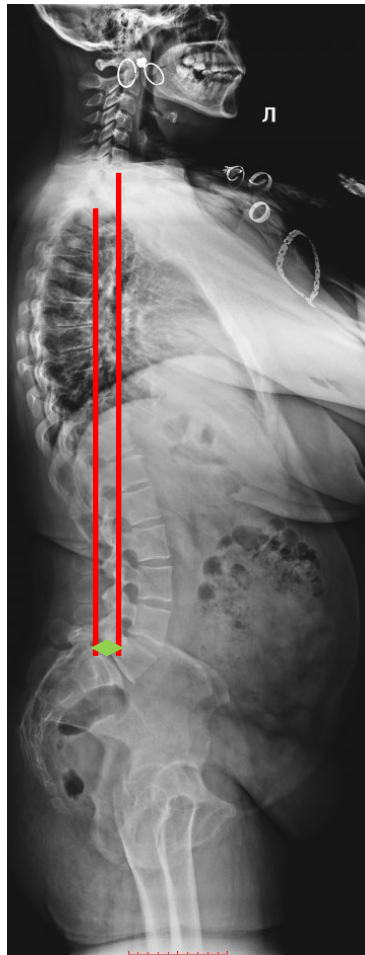


Рисунок 10 – Пример измерения SVA

Согласно классификации Roussouly в соответствии со значениями PI выделяют 4 типа поясничного лордоза [66]. Для типа 1 характерно значение PI менее 50° , для типа 2 – $\leq 45^\circ$, для типа 3 – в диапазоне от 45 до 55° , для типа 4 – $>55^\circ$. Для каждого из них характерно развитие типовых дегенеративных процессов.

Для определения степени выраженности дегенеративного спондилолистеза использовали классификацию O. Gille и Meyerding (**приложение А**). Согласно классификации O. Gille, значение $PT > 25^\circ$ указывает на сохраненный глобальный баланс, а более 25° – на вовлечение компенсаторных тазовых механизмов.

Оценку наличия фронтальной деформации проводили по постуральной спондилограмме в прямой проекции.

2.2.2 Магнитно-резонансная томография поясничного отдела позвоночника

По данным МРТ поясничного отдела позвоночника определяли наличие и выраженность компрессии интраканальных сосудисто-нервных образований. В ходе исследования оценивали ширину позвоночного канала, степень и характер компрессии невралжных структур. Пациентов с недегенеративной патологией, а также с грыжами межпозвонковых дисков, моностеральными стенозами в исследование не включали.

Оценку центрального стеноза позвоночного канала выполняли согласно классификации Schizas (**приложение Г**). Классификация описывает взаимоотношения корешков конского хвоста внутри дурального мешка и ликворных пространств на поясничных уровнях при дегенеративной патологии. В соответствии с данной классификацией выделяют 4 степени изменений, кодируемых буквами от А до D. При этом, согласно современной клинической практике, степени А и В не расцениваются как значимая компрессия, а степеням С и D соответствует выраженная компрессия. Таким образом, в исследование включены пациенты с дегенеративным стенозом позвоночного канала С и D согласно классификации Schizas. После выполненного хирургического лечения проводили сравнение пред- и послеоперационных параметров МРТ с целью определения объема декомпрессии невралжных структур.

В ходе исследовательской работы также проводили оценку степени дегенерации межпозвонковых дисков согласно классификации Pfirrmann. С ее помощью определяется высота диска, степень гидратации диска, гетерогенности или гомогенности содержимого диска (**приложение Л**).

В рамках исследования оценивали дегенеративные изменения костного мозга позвонков на каждом уровне. Выделяют отек, жировую дегенерацию и склероз. Перечисленные изменения принято описывать как изменения по типу Modic (**приложение М**). Изменения Modic I характеризуются

гиперинтенсивным сигналом на T2-взвешенном изображении (ВИ) и гипоинтенсивным – на T1-ВИ, что соответствует отеку ткани. Изменения II типа описываются как гиперинтенсивный сигнал на T1- и T2-ВИ, что соответствует жировой дегенерации костного мозга. Изменения III типа представлены склерозом костного мозга и на МРТ представлены очагами гипоинтенсивного сигнала на T1-ВИ и T2-ВИ.

С целью определения дефектов ЗП была использована классификация Total Endplate Score (TEPS) (**приложение Н**). Каждой пластинке присваивается число от 1 до 6 для обозначения степени повреждения, соответствующее баллам, которое необходимо для дальнейшего расчета. Первая степень соответствует отсутствию каких-либо изменений и считается нормой. Вторая степень характеризуется наличием локального истончения ЗП, без видимого повреждения и изменений по типу Modic. Для 3-й степени характерно сохранение контура ЗП с наличием фокальных дефектов. Объем дефекта ЗП до 25 % оценивается в 4 балла, до 50 % – 5 баллов, также для 4-й и 5-й степени характерно наличие изменений по типу Modic. Тотальные и субтотальные дефекты, наличие прерывистости и склероза ЗП оценивается в 6 баллов. Затем баллы ЗП позвоночно-двигательного сегмента суммируются и полученное число обозначает степень дегенеративных изменений – TEPS.

2.2.3 Компьютерная томография поясничного отдела позвоночника

Всем пациентам было проведено компьютерное сканирование поясничного отдела позвоночника для оценки МПКТ (в НУ) и прогнозирования стабильности будущей металлофиксации. При МПКТ тел позвонков, подлежащих фиксации, менее 120 НУ пациентов не включали в исследование из-за повышенного риска развития нестабильности конструкции [46, 119]. Также, опираясь на результаты предоперационной КТ, определяли длину и траекторию транспедикулярных винтов, размер межтелового имплантата.

Анализ данных методов лучевой диагностики проводили в программе RadiAnt DICOM Viewer (Medixant).

2.4 Декомпрессивно-корригирующее вмешательство

При подтвержденном клинико-морфологическом соответствии пациентам выполняли декомпрессивно-корригирующее вмешательство в объеме одноуровневой транспедикулярной фиксации и трансфораминального спондилодеза (MIS-TLIF или O-TLIF в зависимости от рандомизации в проспективной части исследования).

Хирургическое лечение осуществляли хирурги, выполнившие не менее 30 оперативных вмешательств каждого вида (MIS-TLIF и O-TLIF) до начала исследования.

Независимо от хирургической техники, пациенты располагались лежа на животе. В случае MIS-TLIF выполняли парасагиттальный разрез протяженностью 3–5 см в проекции суставной пары с наиболее клинически значимой стороны. Затем, определив точки ввода фиксаторов, под контролем интраоперационной флюороскопии устанавливали транспедикулярные винты. Для декомпрессии проводили интерламинэктомию, резекцию образований, компримирующих невральные структуры, со стороны доступа и по методу «over-the-top» с противоположной стороны (**рисунок 11**). Далее выполняли унилатеральную тотальную фасетэктомию, дискэктомию для проведения трансфораминального межтелового спондилодеза имплантатом из полиэфирэфиркетона (ПЕЕК) под контролем С-дуги. Завершающим этапом, в случае минимально-инвазивного вмешательства, являлась транскутанная установка транспедикулярных винтов с контралатеральной стороны, выполнение корригирующего маневра в виде контракции и окончательный монтаж конструкции. Затем оценивали положение фиксаторов и объем коррекции под контролем электронно-оптического преобразователя (ЭОП).

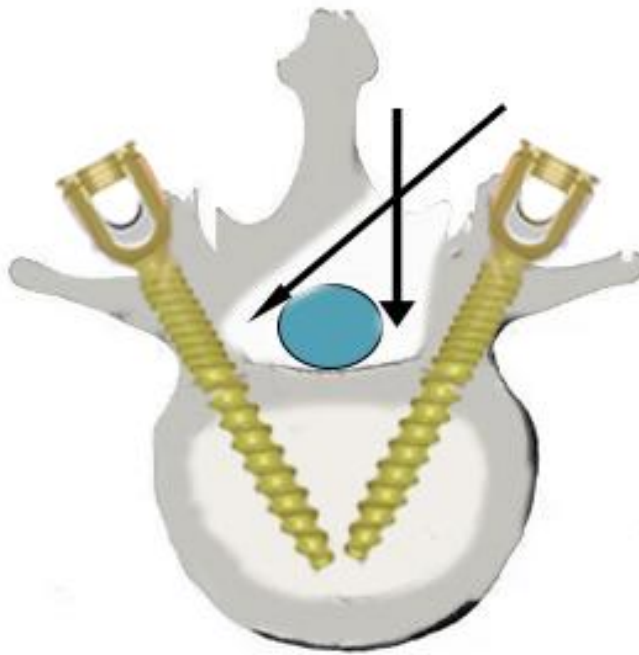


Рисунок 11 – Принцип выполнения декомпрессии при минимально-инвазивном вмешательстве

При выполнении вмешательства по открытой методике проводили срединный разрез протяженностью 10–15 см. Затем, после адекватного скелетирования, устанавливали транспедикулярные винты с двух сторон под ЭОП-контролем. С целью декомпрессии проводили ламинэктомию, билатеральную фасетэктомию (**рисунок 12**). После устранения субстрата, компримирующего невральные структуры, выполняли дискэктомию с последующим TLIF имплантатом РЕЕК с аутокостью (**рисунок 13**) под ЭОП-контролем (**рисунок 14**). Затем проводили корригирующий маневр контракцией на стрежнях, фиксацию транспедикулярной системы и интраоперационный рентген-контроль (**рисунок 15**) с определением сегментарного угла.

Объем декомпрессии невральных структур интраоперационно оценивали по следующим критериям:

- отсутствие видимого конфликта поверхностей невральных структур и костно-связочного комплекса, отсутствие видимых «перетяжек»;
- восстановление формы и пульсации дурального мешка и корешков;

- восстановление свободного смещения в пределах анатомических норм;
- регресс степени стеноза до А или В по классификации Schizas на контрольных МР-томограммах.

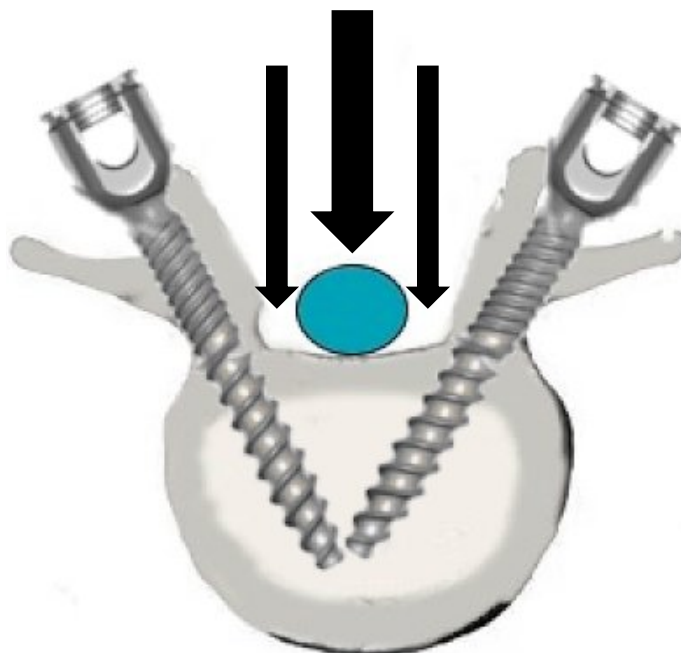


Рисунок 12 – Принцип выполнения декомпрессии при открытом вмешательстве



Рисунок 13 – Кейдж из материала РЕЕК, заполненный аутокостью, и костная крошка

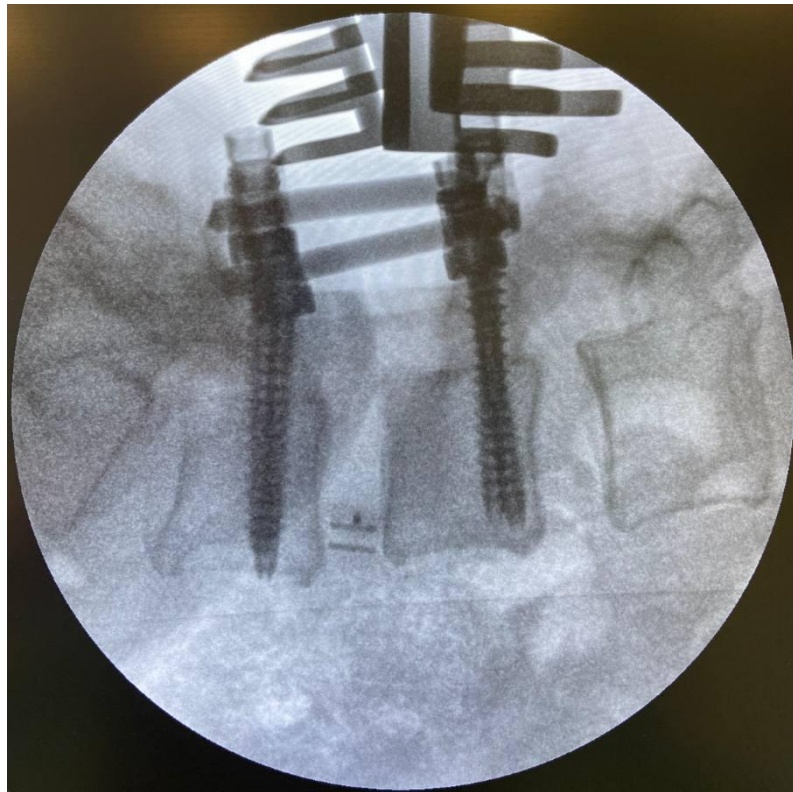


Рисунок 14 – Пример интраоперационного рентген-контроля положения межтелового имплантата

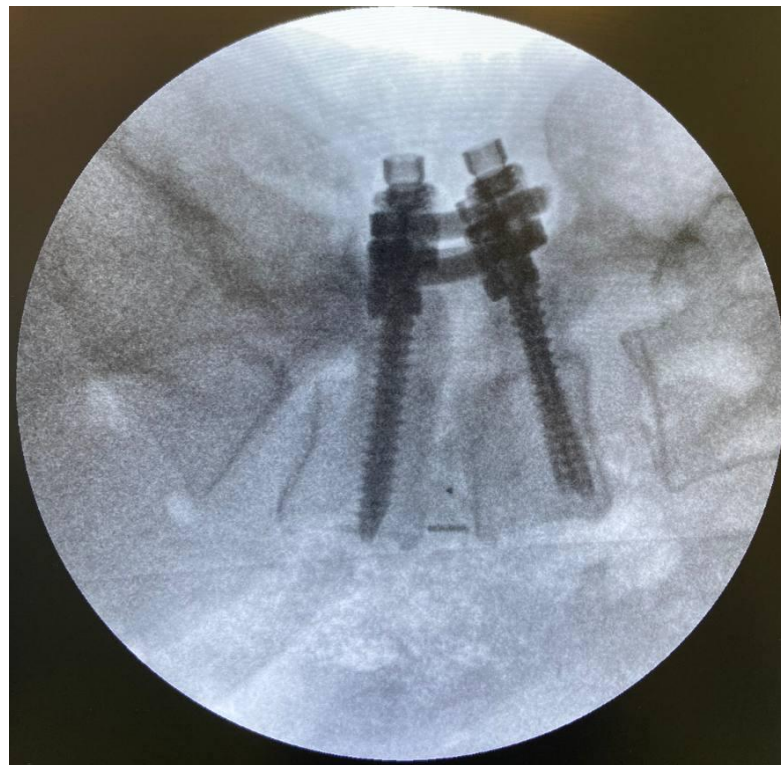


Рисунок 15 – Пример интраоперационного рентген-контроля положения межтелового имплантата после выполнения корректирующего маневра

2.5 Проспективное наблюдательное исследование оценки роли нейропатической боли и тревоги

Для уточнения роли НБС и психологических особенностей пациентов в успешности хирургического лечения было проведено проспективное наблюдательное исследование.

В данное исследование были включены пациенты с запланированным декомпрессивно-корректирующим вмешательством. Дизайном исследования определены 3 визита участия: первичный скрининг, выписка или 14-й день после операции, 3 мес. после операции (**таблица 3**). На визитах проводили клинический осмотр, сбор клинических данных и фиксацию полученных параметров, регистрацию нежелательных явлений.

Таблица 3 – График визитов и процедур исследования проспективного наблюдательного исследования

Исследуемый параметр	Визит 1	Визит 2	Визит 3
	Скрининг	Выписка	3 мес. после операции
Информированное согласие	+		
Общие параметры	+		
ODI	+	+	+
NPRS спина, NPRS нога	+	+	+
DN4	+	+	+
HADS тревога		+	+
Нежелательные явления	+	+	+

2.5.1 Клинические параметры

Общие показатели регистрировали на Визите 1: пол, рост, массу тела, ИМТ, возраст.

Одним из основных параметров оценки в данном исследовании стал характер болевого синдрома, а именно выявление его нейропатической составляющей. Данная характеристика выявлялась посредством опросника DN4.

Вторым по важности параметром оценки стало определение психологических особенностей пациента. Для этой цели использовали госпитальную шкалу тревоги и депрессии (Hospital Anxiety and Depression Scale, HADS). Данный опросник получил широкое распространение благодаря специфичности, простоте использования и интерпретации результатов. HADS состоит из двух частей, которые независимо оценивают уровни тревоги и депрессии. Каждый раздел состоит из 7 вопросов, на которые предусмотрены варианты ответов от 0 до 3, где 0 подразумевает наименьшую выраженность симптомов, а 3 – максимальную. В разделе, посвященном оценке депрессии, вопросы носят характер соответствия утверждению, в разделе тревоги – несоответствия, что направлено на снижение вероятности «механического» заполнения данного опросника. Сумма баллов от 8 до 10 в отдельно взятом разделе трактуется как субклинически выраженная тревога/депрессия, более 10 – клинически выраженная тревога/депрессия (**приложение II**).

Для оценки выраженности нарушений функциональных возможностей пациентов использовали ODI, для оценки интенсивности болевого синдрома – NPRS, боль в ногах и в спине оценивали отдельно.

Все полученные данные – общие параметры, данные клинических опросников, в особенности наличие и выраженность НБС и тревоги, и депрессии – регистрировали и далее проводили анализ взаимосвязей. Сбор клинических данных и периоперационное наблюдение пациентов также проводили с использованием платформы дистанционного наблюдения.

2.6 Ретроспективное исследование оценки роли поясничных параспинальных мышц

Влияние качества параспинальных мышц оценивали по данным ретроспективной когорты пациентов. В исследовании использованы медицинские карты пациентов, которым было выполнено хирургическое лечение по поводу дегенеративного поражения поясничного отдела

позвоночника (III и IV тип биомеханических нарушений [6]). Всем пациентам проведены декомпрессивно-корректирующее вмешательство на поясничном отделе позвоночника с целью восстановления гармоничного сагиттального профиля позвоночника, а также декомпрессия интраканальных сосудисто-нервных образований при наличии стеноза позвоночного канала.

Дизайном исследования были предусмотрены два визита: Визит 1 – до операции, Визит 2 – через 12 мес. после операции.

Общие показатели регистрировали на Визите 1: рост, массу тела пациента, ИМТ, возраст. На обоих визитах проводили сбор клинических данных посредством заполнения опросников NPRS спина, NPRS нога, ODI.

Лучевое обследование – постуральную рентгенографию позвоночника и MPT поясничного отдела позвоночника проводили на Визите 1. По постуральным рентгенограммам оценивали параметры глобального, сегментарного и регионарного сагиттального баланса: PI, PT, Index Barrey, SL, LL (глобальный и нижнепоясничный), Lordosis distribution index, SS, PI-LL, SVA.

По данным MPT поясничного отдела позвоночника оценивали состояние параспинальных мышц поясничного отдела позвоночника качественным и количественным методами. Наибольший интерес представляли характеристики *m. psoas*, *m. multifidus* и *m. erector spinae*.

Классификация Goutallier предполагает качественную оценку мышц по соотношению жировой и мышечной ткани. Для оценки параспинальных мышц согласно данной классификации необходимо загрузить данные MPT пациента в приложение ImageJ (Fiji). Далее по аксиальным изображениям в режиме T2 с использованием функционала приложения определяют зону интереса на уровне диска L4–L5 и степень жировой дегенерации мышцы в полуавтоматическом режиме.

Согласно классификации Goutallier выделяют пять степеней жировой дегенерации мышц (**приложение Р**): 0 степень – отсутствие жира, I степень – наличие жировых включений внутри мышцы, II степень – количество жировой

ткани меньше мышечной, III степень – тождественное соотношение мышечной и жировой ткани, IV степень – количество жира превышает количество мышц.

Количественные характеристики состояния параспинальных мышц включали площадь мышцы и ее жировую инфильтрацию. Рассчитывали относительную площадь поперечного сечения мышцы (relative cross-sectional area) как отношение площади поперечного сечения мышцы к площади межпозвонкового диска (**рисунок 16**). Данный анализ проводили в RadiAnt DICOM Viewer (Medixant) на аксиальных МР-томограммах поясничного отдела позвоночника в режиме T2-ВИ на уровне диска L4–L5 позвоночно-двигательного сегмента.

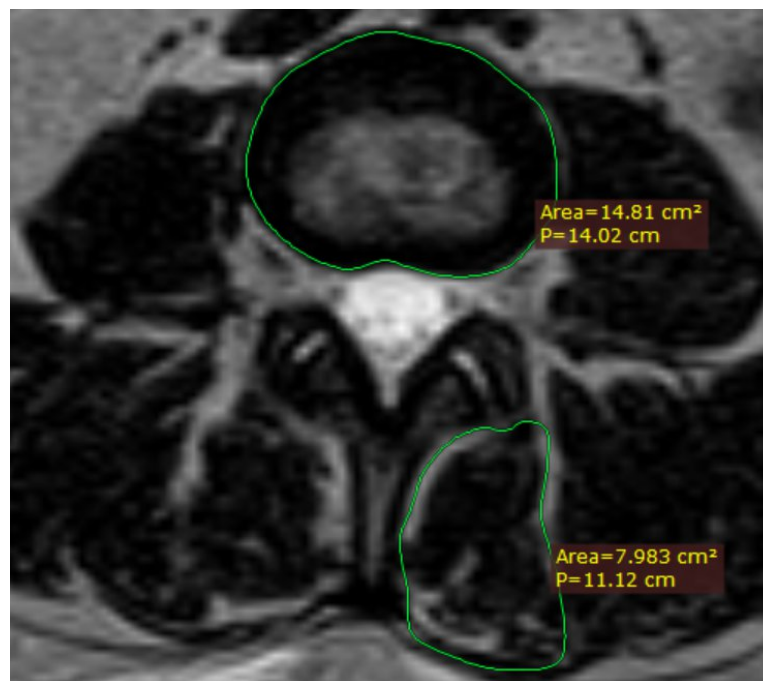


Рисунок 16 – Пример измерения rCSA *m. multifundus* в поясничном отделе

Второй количественной характеристикой была жировая инфильтрация (fat infiltration) параспинальных мышц. Данный анализ выполняется по аксиальным МР-томограммам поясничного отдела позвоночника в T2-ВИ. Программное обеспечение ImageJ проводит автоматический расчет процентного содержания жировой ткани в зоне интереса (**рисунок 17**).

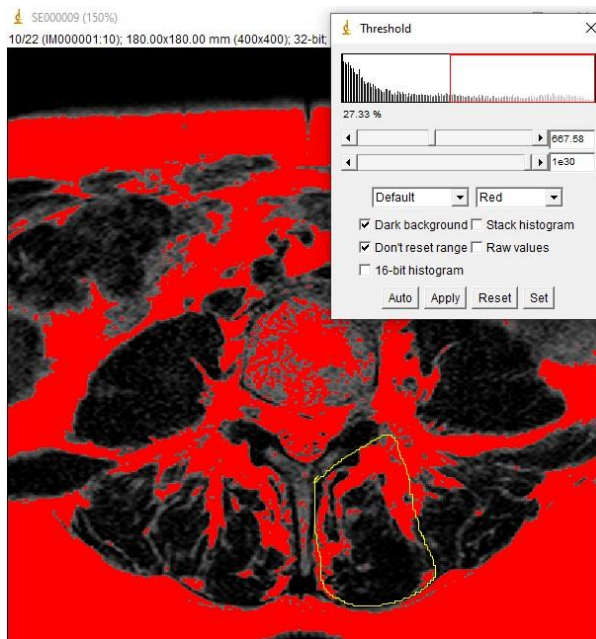


Рисунок 17 – Пример измерения жировой инфильтрации *m. multifundus*

Все полученные характеристики состояния параспинальных мышц (степень по Goutallier, относительная площадь мышц, жировая инфильтрация), а также клинические данные (данные опросников) и данные рентгенографии (параметры сагиттального баланса) регистрировали и далее проводили анализ взаимосвязей.

2.7 Сбор и обработка материала

Сбор клинических данных, особенно данных опросников, периоперационное наблюдение пациентов выполняли при помощи программы Medsenger (ООО «ТелеПат») (**рисунок 18**).

В отличие от общих телемедицинских платформ использованная в исследовании платформа (**рисунок 19, 20**) интегрирована в специфический периоперационный процесс вертебрологического отделения и предусматривает автоматизацию сбора клинических данных, предоперационную подготовку и постоперационное наблюдение. Это позволяет создать единую систему управления данными, что ранее не было описано в литературе. Платформа позволяет использовать технологии

машинного обучения (искусственного интеллекта), в том числе для анализа данных и оповещений (рисунок 21)

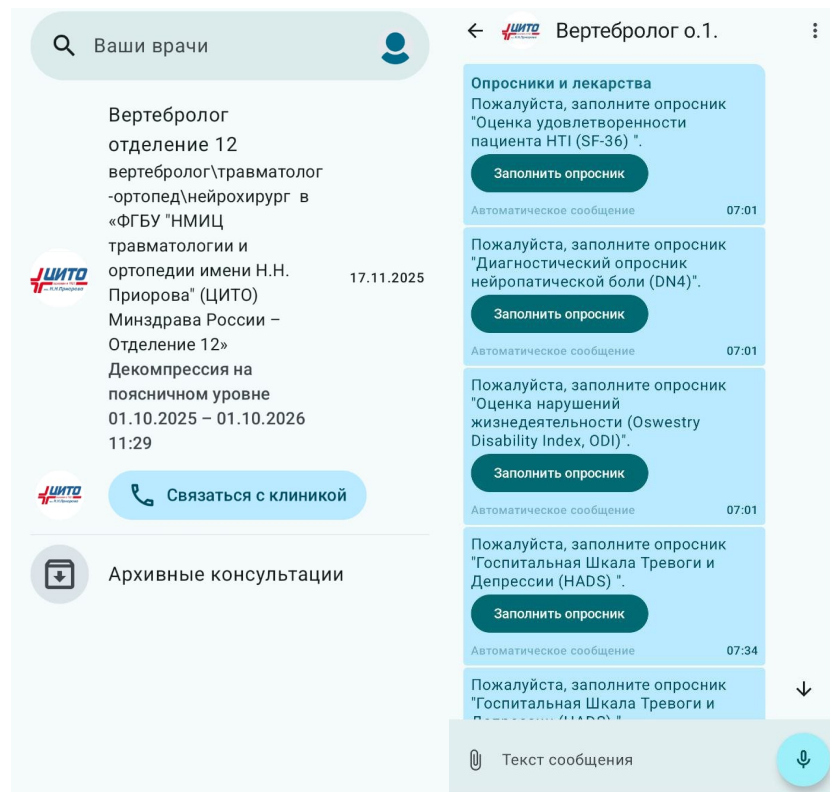


Рисунок 18 – Пример интерфейса приложения Medsender

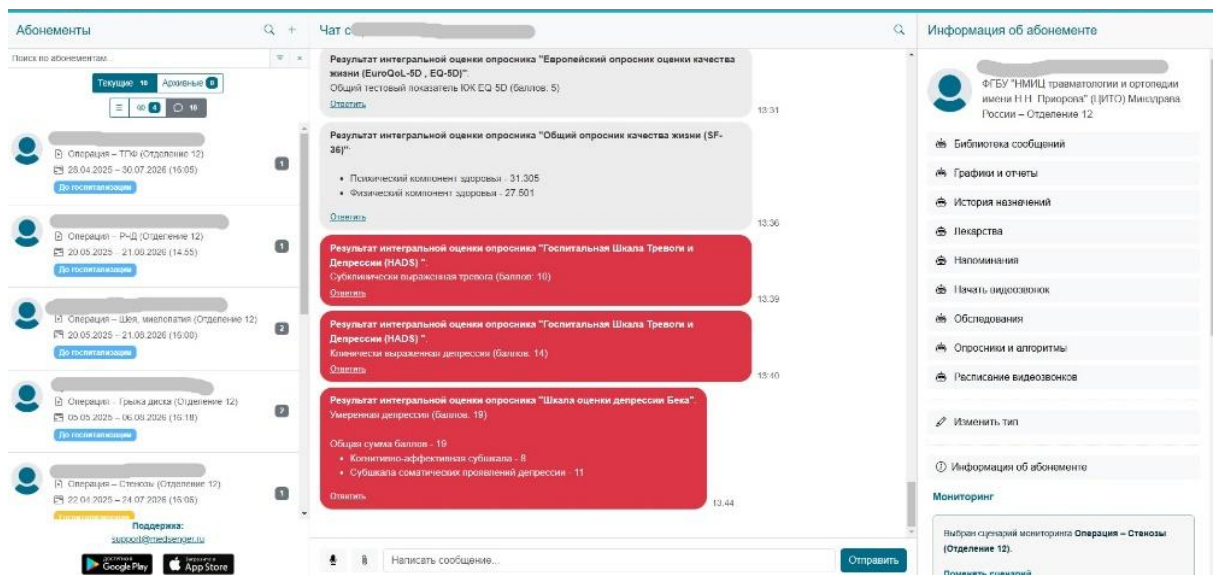


Рисунок 19 – Внешний вид чата цифровой платформы для дистанционного наблюдения у врача

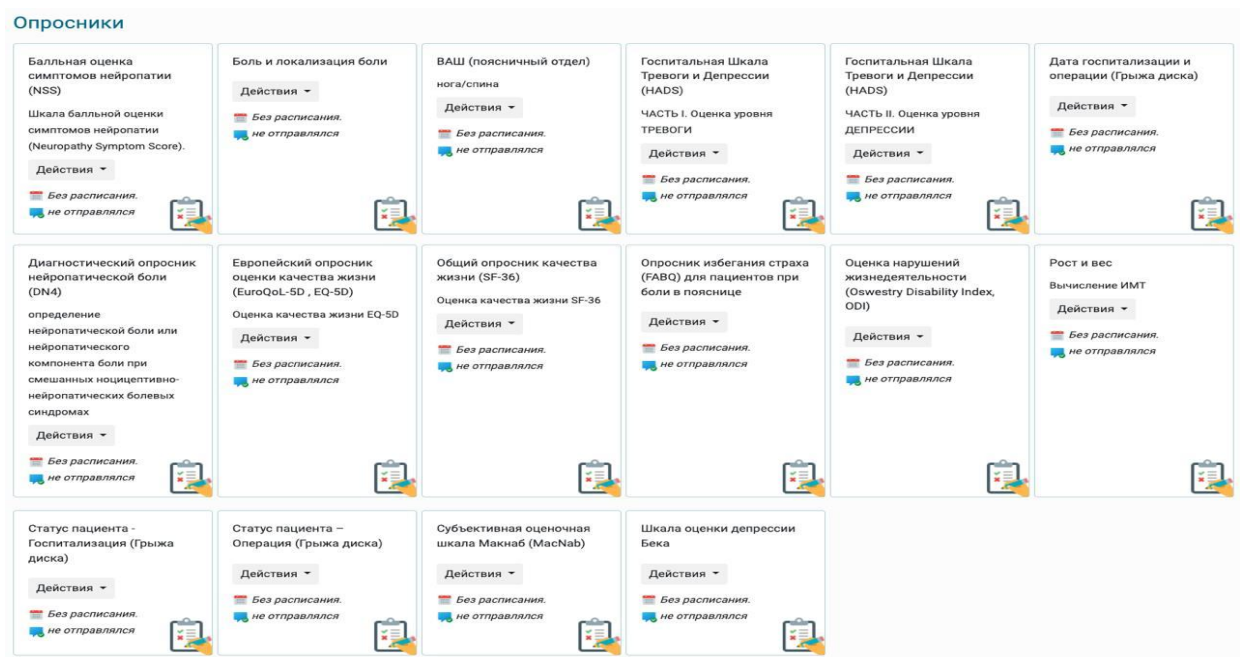


Рисунок 20 – Внешний вид интерфейса цифровой платформы для дистанционного наблюдения с анкетами и опросниками

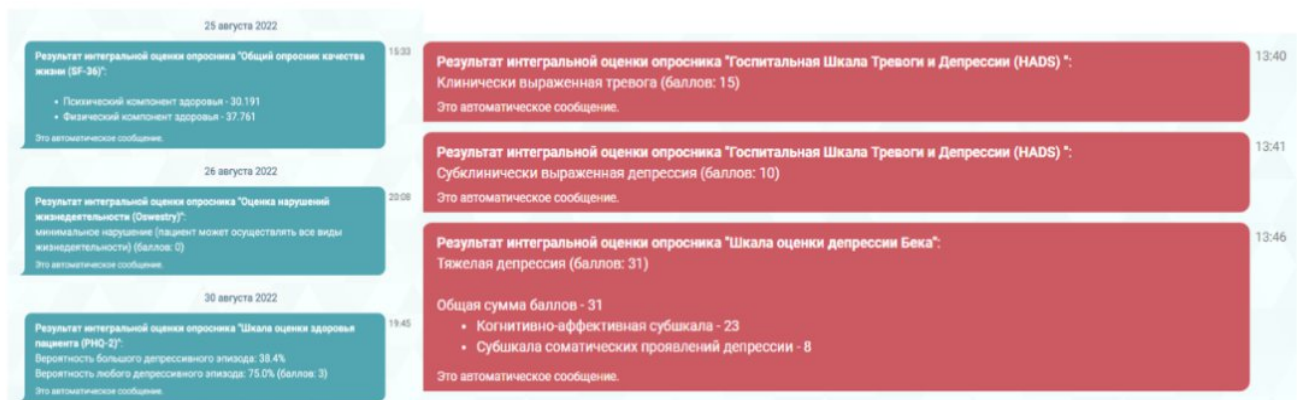


Рисунок 21 – Оповещения в чате, требующие внимания врача

Эта программа представляется оптимальной основой для автоматизированного наблюдения пациентов в течение периоперационного периода, так как позволяет проводить динамическое наблюдение пациентов, сбор, накопление и анализ данных. При этом пациент вносит свои данные, заполняет опросники в спокойной обстановке (дома, например), отправляет сведения врачу-исследователю, может задать интересующий вопрос. Врач дистанционно оценивает данные, при необходимости может пригласить пациента на осмотр или на запланированный визит в исследовании, также

задать вопросы о самочувствии. Все полученные данные, в том числе значения опросников, регистрируются в базе, которая затем может быть выгружена в удобном формате для последующего статистического анализа.

Разработчиками программы Medsender был предложен базовый стандартный сценарий аккумуляции данных пациентов. Далее мы адаптировали базовый сценарий под специфику нозологий пациентов с дегенеративными заболеваниями позвоночника, участвующих в настоящем исследовании (тип планируемого хирургического вмешательства «декомпрессивно-корректирующий») (таблица 4). Были определены необходимый объём предоперационного обследования, формат сбора клинических данных (в том числе опросников), визиты в исследовании, частота взаимодействия пациента и врача-исследователя. Также были сформулированы и апробированы сообщения для взаимодействия с пациентами по стандартным вопросам. Платформа представлена мобильной версией для смартфонов на базе наиболее распространенных операционных систем, а также web-версией. При использовании приложения пациентам был доступен чат, в котором, согласно ранее выбранному врачом сценарию, отправлялись опросники и необходимый перечень догоспитального обследования.

Таблица 4 – Общие параметры сценария ведения пациентов с дегенеративными заболеваниями позвоночника с запланированным декомпрессивно-корректирующим вмешательством на поясничном отделе позвоночника

Сценарий	Декомпрессия и стабилизация на поясничном уровне
Предоперационное обследование	Анализы 4-го типа (19 параметров)
Методы визуализации	MPT, КТ, STEP
Количество клинических анкет	13
Частота взаимодействия	1 раз в неделю в течение 1-го месяца, через 3 мес., через 6 мес., через 12 мес.
Рекомендованные плановые визиты после операции	3 мес.; 1 год ; 2 года

Данному сценарию соответствует определённый перечень необходимых анализов для госпитализации, который имеет разную полноту обследования в зависимости от возраста пациента, риска осложнений и кровопотери, а также эпидемической обстановки.

Также в сценарии был сформирован перечень клинических опросников, позволяющих всесторонне оценить состояние пациента, особенности клинических проявлений, сопутствующие заболевания. Несмотря на большое количество шкал и опросников, частота направления их пациенту необременительна, к тому же предоставляется возможность заполнить их в комфортных домашних условиях. Такое дистанционное заполнение необходимых клинических опросников позволило значительно снизить нагрузку на средний медперсонал: ранее анкетирование проводилось на бумажном или электронном носителе под его контролем.

Одним из наиболее наглядных и информативных является опросник «Боль и локализация боли» (**рисунок 22**), который выглядит как эскиз фигуры человека с сегментацией частей туловища для возможности максимально точно отразить локализацию болевого синдрома на текущий момент.

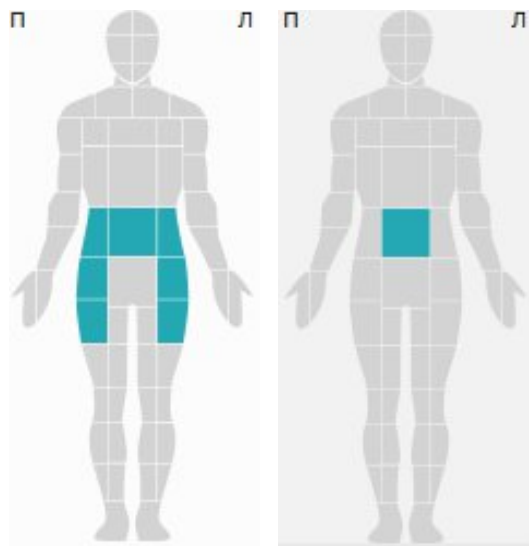


Рисунок 22 - Пример оценки локализации болевого синдрома до (слева) и после (справа) оперативного лечения в приложении телемониторинга

Длительность взаимодействия с пациентом после вмешательства по умолчанию составляет 2 года после операции, однако этот срок может быть скорректирован индивидуально. В течение этого срока пациенту приходят уточняющие вопросы о самочувствии, при необходимости — уведомления о необходимости контрольного осмотра.

Выполняли оценку эффективности организации госпитализации, структуры пациентов и ведения периоперационного периода. Основные метрики включали количество входящих и исходящих сообщений между администратором отдела госпитализации и пациентами, долю пациентов, отправивших все анализы до госпитализации и успешно проверенных терапевтом дистанционно (без личного визита пациента).

2.8 Статистический анализ

Дескриптивные характеристики представлены как среднее $\pm$ стандартное отклонение ($M \pm SD$) для непрерывных данных, распределенных нормально; медиана, 1-й и 3-й квартили ($Me [Q1; Q3]$) для непрерывных ненормально распределенных данных; количество пациентов в категории (процент от общего количества) для каждой категории у категориальных данных; количество, процент от общего числа [95 % доверительный интервал (ДИ) процента, рассчитанный по формуле Вилсона] для бинарных данных.

Для сравнения непрерывных данных между исследуемыми группами использовали непарный U-критерий Манна–Уитни с расчетом величины смещения распределений и построением 95 % ДИ для смещения. Для сравнения непрерывных данных внутри группы между временными точками использован парный U-критерий Манна–Уитни с расчетом величины смещения распределений и построением 95 % ДИ для смещения. В некоторых случаях применен параметрический t-критерий Стьюдента для нормально распределенных гомоскедантических данных.

Сравнение категориальных и бинарных данных между исследуемыми группами проведено точным двусторонним критерием Фишера. Сравнение категориальных и бинарных данных внутри групп в разных временных точках проведено с помощью критерия Мак-Немара.

Для минимизации влияния исследователей использовали машинную блочную рандомизацию с переменным блоком, благодаря которой удалось достичь равномерного распределения показателей в группах.

Проведен расчет размера выборки по первичной точке – разнице ODI между дооперационным значением и через 3 мес. после вмешательства для non-inferiority сравнения. В предположении одинаковой в сравниваемых группах средней разницы ODI, равной 39, и стандартного отклонения разницы ODI, равного 19.3, маргинального порога non-inferiority $\delta = 12$, для одностороннего критерия Манна – Уитни с критическим порогом значимости $p = 0,05$ и мощностью 80 % достаточно набрать по 38 пациентов в группы для исследования превосходства (non-inferiority) контрольной группы над группой лечения. С учетом планируемых 20 % потерь общий размер выборки составит 96 пациентов, по 48 в каждой группе.

Выявление попарных связей между непрерывными показателями и ODI проведено путем расчёта коэффициентов корреляции Спирмена и Пирсона. Выявление многомерных зависимостей между непрерывными показателями и ODI проведено построением обобщенной многофакторной линейной регрессии. Выявление связей между бинарными или категориальными показателями и ODI проведено путем сравнения подгрупп категорий.

Проверка статистических гипотез проведена при критическом уровне значимости $p = 0,05$, т. е. различие считается статистически значимым, если $p < 0,05$. Нижняя граница доказательной мощности фиксируется равной 80 %.

ГЛАВА 3. ПЕРВИЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОСПЕКТИВНОГО РАНДОМИЗИРОВАННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОЦЕНКИ КЛИНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВУХ ХИРУРГИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

3.1 Общая характеристика когорты

Для сравнения эффективности двух наиболее распространенных хирургических методик при лечении пациентов с сочетанием дегенеративного стеноза и спондилолистеза низкой степени на одном поясничном уровне было проведено первое клиническое рандомизированное исследование в вертебрологии в России, зарегистрированное должным образом (NCT04594980, <https://clinicaltrials.gov/>).

В ходе исследования было скринировано 812 пациентов, однако большинство больных не соответствовали критериям отбора (**рисунок 23**). Одним из наиболее строгих критериев включения было достаточно высокое значение показателя МПКТ (<120 HU), что исключило 66,5 % (453/691) пациентов, прошедших скрининг.

В результате отбора в исследование были включены 96 пациентов, по 48 в каждую группу. Через 3 мес. после операции для анализа были доступны 90,6 % пациентов (87/96). Процент выбывших пациентов оказался ниже запланированного (20 %). Исследование планировалось начать в 2020 г., но из-за ограничений, связанных с пандемией, его удалось начать только в 2022 г. Набор пациентов проводили в течение 24 мес. (вместо 18) из-за технических сложностей.

Общая характеристика исследуемой когорты представлена в **таблице 5**. Большинство пациентов составили женщины (74,0 %, 71/96), средний возраст пациентов всей когорты составил $55,8 \pm 9,4$ года. Хирургические вмешательства выполняли на уровне L3–L4 (9,1 %) и L4–L5 (89,9 %). Значения показателя МПКТ были достаточными для выполнения стабильной металлофиксации и составили 155 [128; 184] HU в общей когорте.

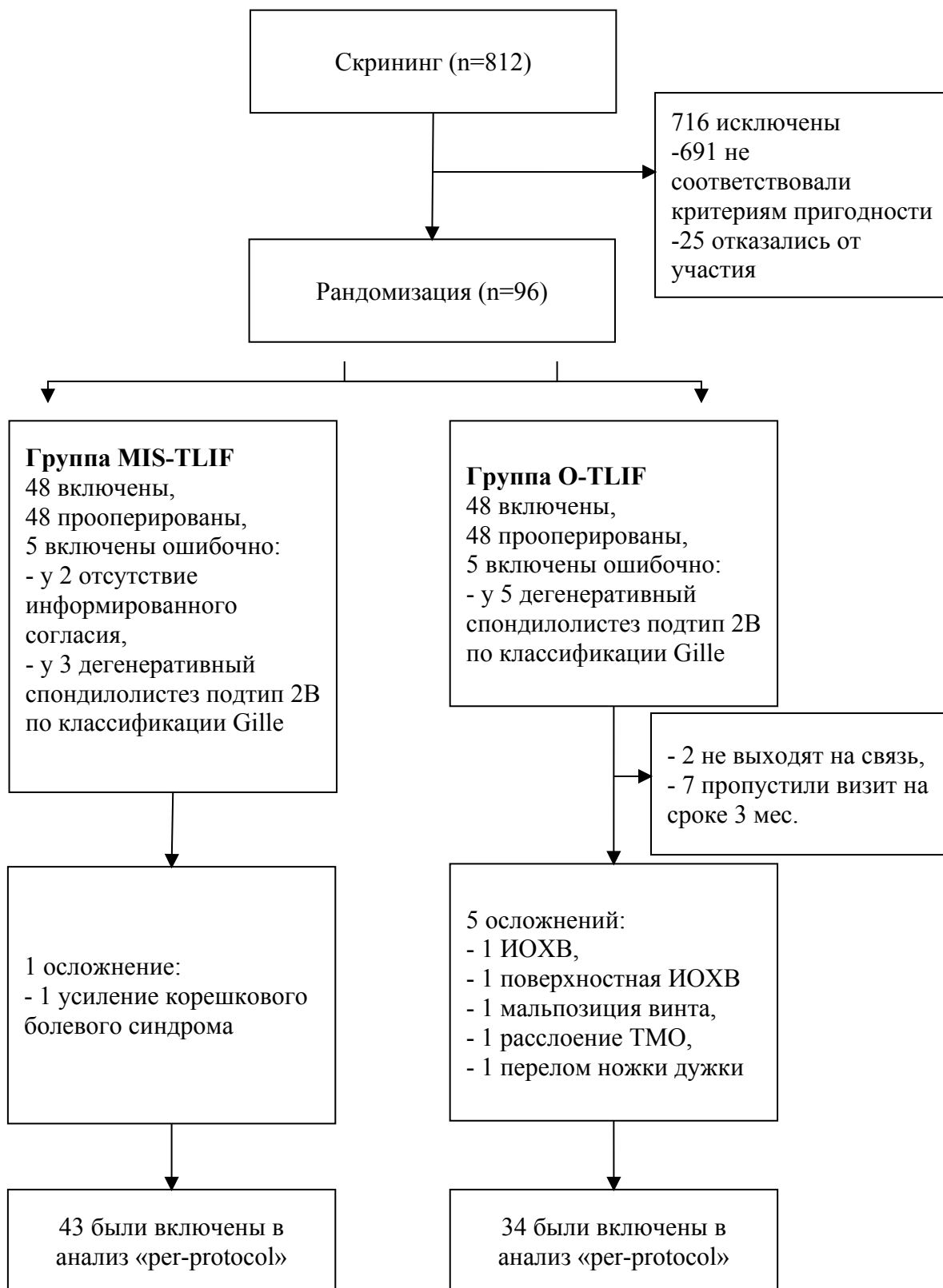


Рисунок 23 – Скрининг пациентов, включение, рандомизация, проведение операции и наблюдение в течение 3 мес.

Таблица 5 – Общая характеристика пациентов на исходном уровне (модифицированная популяция, предполагающая лечение)

Параметр		O-TLIF	MIS-TLIF	Всего	p-value
Возраст, годы		55,9 ± 9,5	55,8 ± 9,3	55,8 ± 9,4	0,923
Мужской пол, n (%)		33,3 % (16/48)	18,8 % (9/48)	26,0 % (25/96)	0,162
Курение, n (%)		18,8 % (9/48)	18,8 % (9/48)	18,8 % (18/96)	1,000
ИМТ, кг/м ²		30,4 ± 4,3	31,3 ± 6,1	30,8 ± 5,3	0,409
Трудовой статус	Неработающие	25,0 % (12/48)	29,2 % (14/48)	27,1 % (26/96)	0,864
	Работающие	52,1 % (25/48)	45,8 % (22/48)	49,0 % (47/96)	
	Пенсионеры	22,9 % (11/48)	25,0 % (12/48)	24,0 % (23/96)	
Симптоматический поясничный уровень	L3–L4	6,2 % (3/48)	10,4 % (5/48)	8,3 % (8/96)	0,435
	L4–L5	93,8 % (45/48)	89,6 % (43/48)	91,7 % (88/96)	

**Непрерывные переменные представлены как среднее значение ± стандартное отклонение, категориальные переменные представлены в процентах для каждой группы*

Менее половины (49,0 %) пациентов были трудоустроены, остальные были пенсионерами и безработными.

3.2 Сбор и обработка материала

Все пациенты, которые вошли в исследование, были добавлены в базу данных платформы дистанционного наблюдения еще на догоспитальном этапе, после консультации была рекомендована госпитализация в стационар. Только 3 больных, которые активировали аккаунт, отказались от использования приложения из-за индивидуальных технических трудностей и применяли телефонную связь. Таким образом, только 3,1 % (3/96) пациентов были госпитализированы без участия платформы телемедицины.

Непосредственное участие во внедрении платформы удаленного ведения принимал врач-терапевт приемного покоя, предварительно оценивая результаты предоперационного обследования. Результаты анализов 91,7 % (88/96) пациентов успешно проверены терапевтом заблаговременно, из них

у 78,4 % (69/88) подтверждена дата госпитализации без изменений, остальным пациентам даны рекомендации о пересдаче некоторых анализов или дополнительном обследовании. Дистанционная предварительная проверка результатов обследования терапевтом с использованием платформы телемедицины позволила снизить частоту отмен госпитализаций с 18 % (36/202) в предшествовавшем исследованию году до 5 % (5/101) в текущем периоде наблюдения. Более того, при условии предварительной проверки результатов обследования длительность осмотра пациента терапевтом в приёмном покое при госпитализации сократилась с 40 до 20 мин (в 2 раза), что также снижает очную нагрузку на врача-терапевта. Врач-терапевт отметил повышение удобства работы при использовании программного обеспечения платформы телемониторинга по сравнению с традиционной передачей данных по электронной почте. Также совместно с врачом-терапевтом была создана анкета по выявлению пациентов группы риска, которым требуется особое внимание при госпитализации. Анкета заполняется пациентами предварительно и направляется терапевту со всем перечнем обследований через платформу дистанционного сопровождения.

При использовании платформы дистанционного наблюдения пациенты отделения отмечали удобство при подготовке к госпитализации, меньшую тревожность при наличии возможности связи с администратором / врачом, в том числе отсутствие необходимости для пациента заполнять клинические опросники при госпитализации. Каждый пациент направил в платформу удаленного сопровождения в среднем 11,6 сообщений, каждому пациенту было направлено в среднем 9 сообщений (ответа). Большинство сообщений были стандартными и не требовали участия врача. Врачи отмечали меньшую нагрузку как в приёмном покое, так и в отделении за счёт решения части вопросов дистанционно, большую комплаентность пациентов. И пациенты, и врачи отмечают простоту в общении через платформу телемедицины, доступность, понятный и «дружелюбный» интерфейс. Дистанционное заполнение необходимых клинических опросников позволило значительно

снизить нагрузку на средний медперсонал: ранее анкетирование проводилось на бумажном или электронном носителе под его контролем.

Первоначально были сомнения в возможности подключения пожилых людей и лиц старшего возраста, которые составляют большую долю пациентов отделения, однако только 3,1 % из них не смогли освоить данную технологию. Возможность дистанционного рационального контакта «врач – пациент» повышает приверженность лечению, заблаговременно решает множество вопросов, что также повышает удовлетворённость лечебным процессом с обеих сторон. Активное участие в процессе заботы о своём здоровье и здоровье близких улучшает качество лечения и ускоряет процесс выздоровления.

3.3 Клинические результаты

3.3.1 Анализ первичной конечной точки

Первичной конечной точкой было снижение индекса ODI через 3 мес. после операции по сравнению с исходным значением. Согласно гипотезе исследования, разница между регрессом индекса ODI в группе MIS-TLIF и в группе O-TLIF не превысит 12 баллов.

Первичный анализ был проведен в обеих популяциях – mITT (основной) и PP (поддерживающий) (**рисунок 24**). Регресс ODI от исходного уровня на сроке 3 мес. после операции составил $-26,5 \pm 15,04$ в группе MIS-TLIF ($n=48$) и $-26,0 \pm 19,12$ в группе O-TLIF ($n=39$). Разница между группами составила 0,4 при 90 % ДИ от -5,7 до 6,5. Левая граница была меньше границы не меньшей эффективности, соответствующей 12 баллам.

В PP-популяции были получены следующие результаты. Регресс ODI от исходного уровня на сроке 3 мес. после операции составил $-25,6 \pm 15,25$ в группе MIS-TLIF ($n=43$) и $-26,8 \pm 19,70$ в группе O-TLIF ($n=34$).

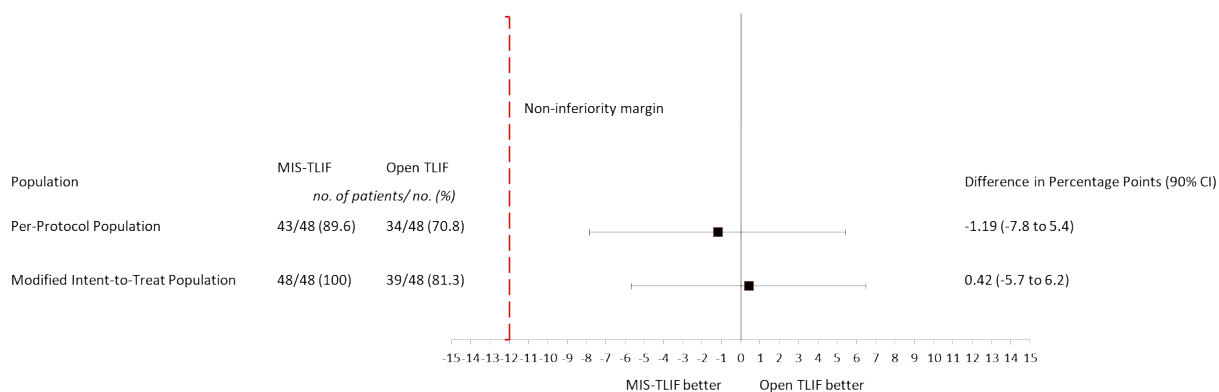


Рисунок 24 – Forest-plot сравнительный анализ PP- и mITT-популяций

Разница между группами составила -1,2 при 90 % ДИ от -7,8 до 5,4. Левая граница была меньше границы не меньшей эффективности 12. Таким образом, не меньшая эффективность была продемонстрирована как в популяции mITT, так и в популяции PP.

3.3.2 Анализ вторичных конечных точек

В mITT-популяции 40 пациентов в группе MIS-TLIF и 32 пациента в группе O-TLIF достигли MCID по ODI ($p = 1,000$) (таблица 6). Различий между группами по всем остальным клиническим параметрам (NPRS для спины, NPRS для ног, DN4, SF-36 (HTI), CGPC) обнаружено не было ($p > 0,05$).

Большинство пациентов при оценке уровня удовлетворенности отметили «значительно лучше». По мнению врача, состояние пациента после хирургического лечения также было «значительно лучше». При сравнении мнения пациента (HTI (из SF-36)) и мнения врача (CGPC) различий не выявлено ($p = 0,389$), что свидетельствует о совпадении мнений пациента и исследователя об изменении состояния после операции.

Таблица 6 – Результаты в mITT-популяции пациентов, которым было назначено лечение, через 3 мес. наблюдения

Показатель	Срок наблюдения	O-TLIF	MIS-TLIF	Всего	p-value
NPRS нога	До операции	5,1 ± 2,1	5,0 ± 2,4	5,0 ± 2,3	0,756
	3 мес. после операции	2,7 ± 2,6	2,5 ± 2,8	2,6 ± 2,7	0,736
NPRS спина	До операции	5,4 ± 2,0	5,8 ± 2,1	5,6 ± 2,0	0,371
	3 мес. после операции	2,6 ± 1,9	3,0 ± 2,4	2,8 ± 2,2	0,370
ODI	До операции	51,1 ± 9,1	49,6 ± 8,9	50,4 ± 8,9	0,422
	3 мес. после операции	24,4 ± 16,3	23,2 ± 16,7	23,7 ± 16,4	0,736
DN4	До операции	3,5 ± 1,7	3,4 ± 2,1	3,4 ± 1,9	0,700
	3 мес. после операции	2,5 ± 2,1	2,3 ± 1,9	2,4 ± 2,0	0,731
HTI (SF-36)	3 мес. после операции	Намного лучше – 56,4 % (22/39); Несколько лучше – 28,2 % (11/39); Так же, как было исходно, – 12,8 % (5/39); Несколько хуже – 2,6 % (1/39); Значительно хуже – 2,6 % (1/39)	Намного лучше – 68,8 % (33/48); Несколько лучше – 10,4 % (5/48); Так же, как было исходно, – 18,8 % (9/48); Несколько хуже – 2,1 % (1/48); Значительно хуже – 0 % (0/48)	Намного лучше – 63,2 % (55/87); Несколько лучше – 18,4 % (16/87); Так же, как было исходно, – 16,1 % (14/87); Несколько хуже – 2,3 % (2/87); Значительно хуже – 1,1 % (1/87)	0,729
CGPC	3 мес. после операции	Намного лучше – 46,1 % (18/39); Несколько лучше – 33,3 % (13/39); Так же, как было исходно, – 20,555 % (8/39); Несколько хуже – 2,6 % (1/39)	Намного лучше – 56,3 % (27/48); Несколько лучше – 22,9 % (11/48); Так же, как было исходно, – 20,8 % (10/48); Несколько хуже – 0 % (0/48)	Намного лучше – 51,7 % (45/87); Несколько лучше – 27,6 % (24/87); Так же, как было исходно, – 20,7 % (18/87); Несколько хуже – 1,1 % (1/87)	0,389
Достижение MCID для ODI, %	3 мес. после операции	82,1 % (32/39)	83,3 % (40/48)	82,8 % (72/87)	1,000

Примечание: Непрерывные переменные представлены как средние значения ± стандартные отклонения, категориальные переменные представлены в процентах для каждой группы

3.3.3 Анализ безопасности (осложнения и повторные операции)

Продолжительность операции и объём кровопотери не различались между группами ($p = 0,281$ и $p = 0,137$ соответственно) (таблица 7). Пациентам, перенесшим O-TLIF, значимо чаще требовалось дополнительное обезболивание ($p = 0,026$). В исследовании было зарегистрировано 6 осложнений, статистически значимых различий между группами не наблюдалось ($p = 0,204$). Инфекция в месте операции наблюдалась в двух случаях: в первом случае она была связана с ликвореей и лечилась консервативно; во втором случае инфекция была поверхностной. Также было отмечено по одному случаю медиальной мальпозиции транспедикулярного винта, случайной дуротомии, интраоперационного перелома ножки и временных нарушений чувствительности в ноге. Повторных операций в течение 3 мес. не было.

Таблица 7 – Анализ безопасности в mITT-популяции пациентов, которым было назначено лечение

Параметр	O-TLIF	MIS-TLIF	Всего	p-value
Продолжительность операции, мин	180,7 ± 37,3	171,8 ± 42,9	176,2 ± 40,3	0,281
Объём кровопотери, мл	341,3 ± 154,7	289,1 ± 178,2	315,2 ± 168,0	0,137
Переливание крови, количество пациентов	2,1 % (1/48)	0	1,0 % (1/96)	1,000
Дополнительное обезболивание, количество пациентов	12,5 % (6/48)	0	6,3 % (6/96)	0,026
Хирургические осложнения	10,4 % (5/48)	2,1 % (1/48)	6,3 % (6/96)	0,204
Нежелательные события	12,5 % (6/48)	12,5 % (6/48)	12,5 % (12/96)	1,000

Примечание: Непрерывные переменные представлены как средние значения ± стандартные отклонения, категориальные переменные представлены в процентах для каждой группы.

3.4 Рентгенологические результаты

Данная часть исследования представляет собой ретроспективный анализ проспективно набранных пациентов. В анализ вошли 31 больной группы О-

TLIF и 20 больных группы MIS-TLIF (**таблица 8**). Основную часть когорты составили женщины – 82,4 % (42/51), медиана возраста – 57 [49; 65] лет. Симптомным уровнем чаще был сегмент L4–L5 в обеих группах (92,3 % в общей когорте) – 100 % в группе O-TLIF и 83,3 % в группе MIS-TLIF ($p = 0,031$). Значения МПКТ были достаточными для обеспечения стабильной металлофиксации – 155 [128; 184] HU.

Таблица 8 – Сравнение параметров сагиттального баланса и базовых характеристик между группами O-TLIF и MIS-TLIF

Параметр		O-TLIF (n=31)	MIS-TLIF (n=20)	Всего (n=51)	p-value
PI, град.		55,5 [50; 64]	54,5 [47,5; 59]	55 [48; 63,3]	0,284
PT, град.		19 [15; 27]	17,5 [12,3; 24,5]	18 [13; 25,5]	0,323
SS, град.		37 [32; 42]	36,5 [29,3; 43]	37 [30; 42]	0,349
LLL, град.		28 [19; 32]	29,5 [18,8; 37,5]	28 [19; 33]	0,140
LL, град.		52 [43; 58]	52 [46,5; 61,8]	52 [46; 58]	0,249
SVA, см		3,5 [2; 5,5]	3 [2; 5,5]	3 [2; 5,5]	0,483
C2-НA, град.		3 [1; 6]	4 [3; 6]	4 [2; 6]	0,170
Тип Gille	1A	6,5 % (2/31)	5 % (1/20)	5,9 % (3/51)	0,103
	1B	54,8 % (17/ 31)	45 % (9/20)	51,0 % (26/51)	
	2A	22,6 % (7/31)	50 % (10/20)	43,1 % (22/51)	
Уровень вмешательства	L3-L4	0	15 % (3/20)	5,9 % (3/51)	0,031
	L4-L5	100 % (31/31)	83 % (16/20)	92,3 % (47/51)	
	L5-S1	0	5 % (1/20)	1,8 % (1/51)	
Сегментарный угол до операции, град.		3 [2; 4]	3 [1,3; 3,8]	3 [2; 4]	0,172
Сегментарный угол после операции, град.		8 [5; 9]	6 [4; 7,3]	7 [5; 9]	0,006

Сегментарный угол после операции был в 1.3 раза больше в группе O-TLIF, чем в группе MIS-TLIF (8° [5; 9] против 6° [4; 7,3], $p = 0,006$). Другие параметры сагиттального баланса не имели различий между группами ($p > 0,05$).

При проведении регрессионного анализа в качестве предиктора достигаемого сегментарного угла после операции определен сегментарный угол до операции ($\beta=0,229-0,587$, $p < 0,05$) (**таблица 9**).

При проведении корреляционного анализа определено, что значение сегментарного угла до операции и значение объема коррекции (дельты) имеют

значимую сильную зависимость (противоположно направленную) – значение r составляет от -0,719 до -0,488 ($p < 0,000$) (**таблица 10**). Данная зависимость свидетельствует о том, что чем меньше сегментарный угол до операции, тем больше возможностей для коррекции сегментарного угла после операции (при условии проведения интраоперационной коррекции). Пример коррекции сегментарного кифоза до сегментарного лордоза представлен на **рисунке 25**.

Таблица 9 – Предикторы значения сегментарного угла после операции

Предиктор	Коэффициент beta	p-value
Общая когорта, скорректированный $R^2=0,259$		
Сегментарный угол до операции	0,229	0,039
Группа О-TLIF, скорректированный $R^2=0,389$		
Нижнепоясничный лордоз	0,296	0,010
Группа MIS-TLIF, скорректированный $R^2=0,607$		
Сегментарный угол до операции	0,587	0,000

Таблица 10 – Теснота связи объема коррекции и значения сегментарного угла до операции

Группа	Коэффициент r	p-value
Общая когорта	-0,689	0,000
Группа О-TLIF	-0,719	0,001
Группа MIS-TLIF	-0,488	0,001

Таким образом, наиболее часто оперируемый сегмент при дегенеративных заболеваниях поясничного отдела позвоночника – уровень L4–L5. Медиана значений сегментарного угла после операции при выполнении TLIF (открытого или минимально инвазивного) составляет 7° . Чем меньше сегментарный угол до операции, тем больше возможностей для его интраоперационной коррекции.

В качестве иллюстрации корригирующих возможностей открытого и минимально инвазивного TLIF приводим клинические примеры из нашей практики (**рисунок 26**).

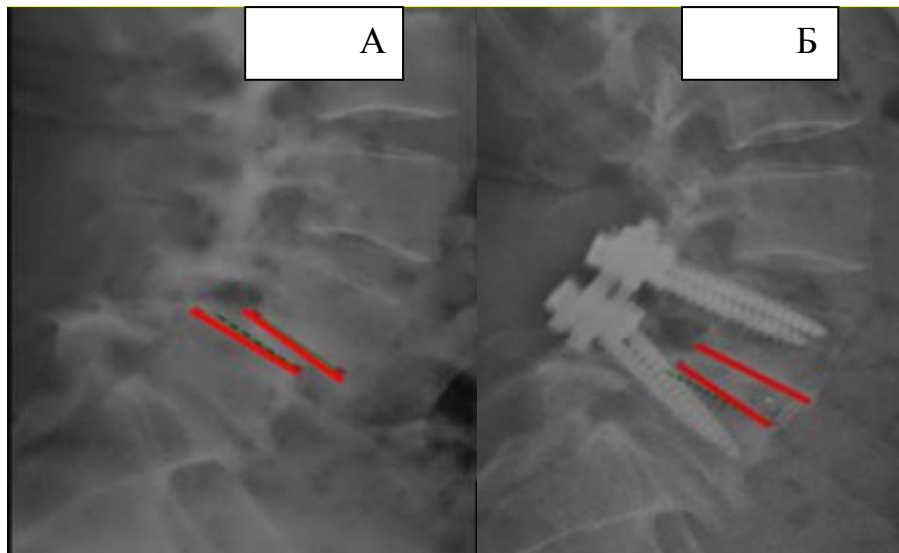


Рисунок 25 – Пример коррекции сегментарного кифоза (А) (-4°) на уровне L4–L5 до сегментарного лордоза (7°)

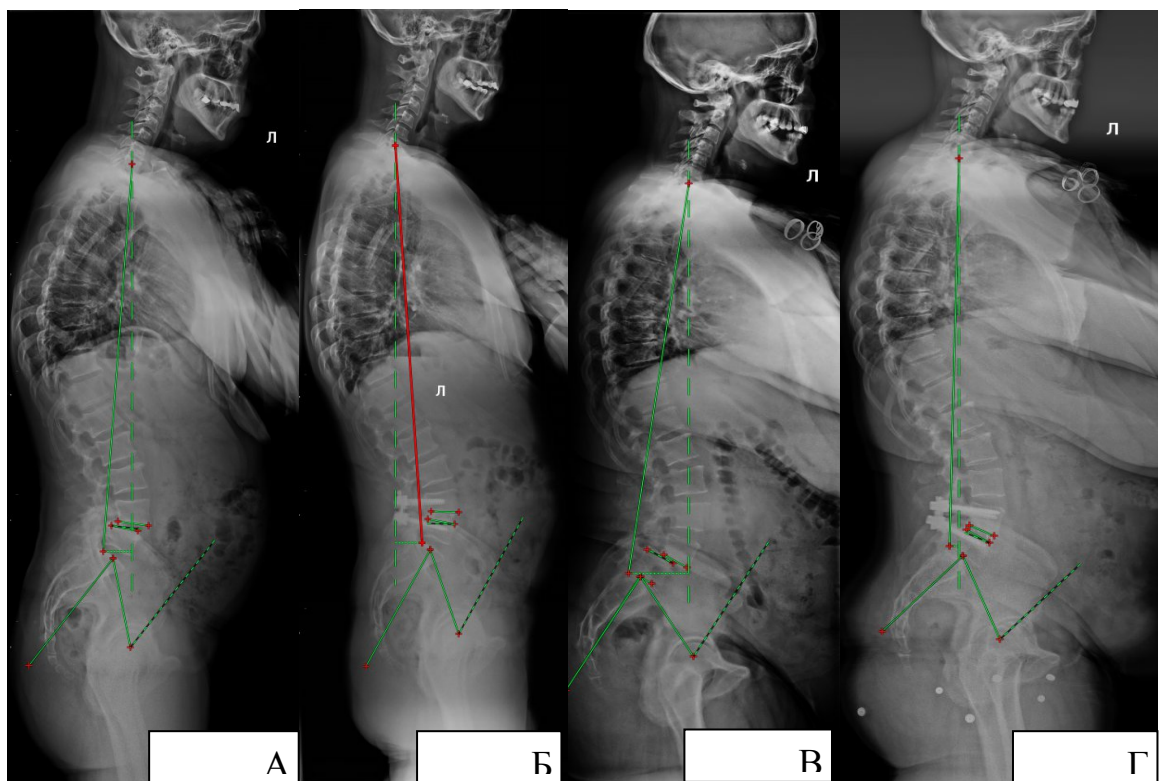


Рисунок 26 – Постуральные рентгенограммы позвоночника пациентов до и после выполнения O-TLIF (А, Б) и MIS-TLIF (Б, Г). А – PI 53° , PT 11° , SS 42° , LLL 44° , LL 64° , SVA 4 см, C2-НА 0° , Сегментарный лордоз L4–L5 до операции 3° ; Б – сегментарный лордоз L4–L5 после операции 8° ; В – PI 69° , PT 32° , SS 37° , LLL 10° , LL 51° , SVA 7 см, C2-НА 1° , сегментарный лордоз L4–L5 до операции 1° ; Г – сегментарный лордоз L4–L5 после операции 7°

Клинический пример

Пациентка Е., 55 лет, поступила с жалобами на боли в поясничном отделе позвоночника, по наружной поверхности бедер и голеней, сохраняющимися на протяжении 6 мес. и резистентными к консервативному лечению. Болевой синдром и ограничение качества жизни, согласно данным опросников составил: NPRS спина – 5 баллов, NPRS нога – 5 баллов, DN-4–1 балл, индекс ODI – 32,0. Неврологический статус представлен двусторонним снижением плантарных и ахилловых рефлексов, отрицательными симптомами натяжения и сохранной функцией тазовых органов. Изменения тонуса мышц и снижения силы не отмечено.

На постуральных рентгенограммах позвоночника во фронтальной и сагиттальной проекциях, КТ и МРТ поясничного отдела выявлен дегенеративный спондилолистез L4 1 ст., с формированием центрального стеноза позвоночного канала Shizas C и сегментарной кифотической деформацией. Предоперационные параметры представлены в описании к **рисунку 27**. Выполнено хирургического лечение – ламинэктомия L4, микрохирургическая декомпрессия корешков спинного мозга на уровне L4–L5, транспедикулярная фиксация и трансфораминальный межтеловой спондилодез имплантатом на уровне L4–L5. Во время вмешательства выполнен редуцирующий маневр и контракция на стержнях с целью коррекции сагиттальной угловой деформации, согласно предоперационному планированию. Рентгенограммы через 3 мес. после операции представлены на **рисунке 28**. Радиологические параметры спустя 2 года после операции представлены в тексте к **рисунку 27**. Таким образом, учитывая наличие сегментарного кифоза до операции, достигнута значительная коррекция сегментарного угла и воссоздан сегментарный лордоз. Пример положения межтелового имплантата и транспедикулярных фиксаторов представлен на **рисунке 28**.

Пациентка выписана через 11 сут после вмешательства. Значения опросников в день выписки: NPRS спина – 1 балл, NPRS нога – 1 балл, DN –

4–0 баллов. Спустя два года после операции: NPRS спина – 0 баллов, NPRS нога – 1 балл, DN – 4–1 балл, ODI – 6,0. На протяжении всего срока наблюдения осложнений не отмечено, пациентка довольна результатом проведенного лечения.

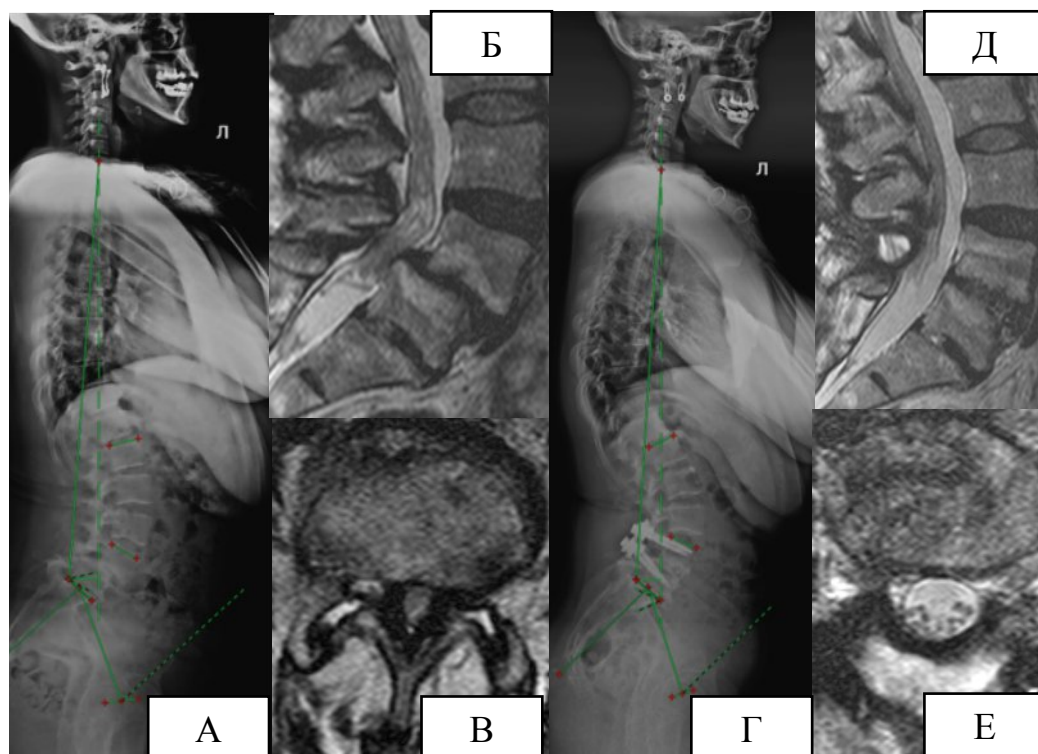


Рисунок 27 – Пациентка Е., 55 лет. Данные постуральной рентгенографии позвоночника (сагиттальные проекции). Сагиттальные параметры до операции: PI 64°, SVA 32 мм, LL 57°, LLL 13° (А), SL без тел позвонков –4,0°. Расчетные (оптимальные) параметры баланса для пациента: LL 60°, LLL 40°, SVA ≤ 40 мм. Сагиттальные параметры спустя 2 года после операции: PI 64°, SVA 29 мм, LL 66°, LLL 23° (Г), SL без тел позвонков 7° (коррекция ~11°). МРТ поясничного до оперативного вмешательства в сагиттальной (Б) и аксиальной (В) проекции: дегенеративный спондилолистез L4 1 ст. по классификации Myerding, дегенеративный стеноз позвоночного канала на уровне L4–L5 Schizas C. После операции достигнута значительная редукция спондилолистеза и рекалибрация позвоночного канала до уровня Schizas A (Д, Е)



Рисунок 28 – Положение межтелового кейджа и транспедикулярных фиксаторов через 3 мес. после оперативного вмешательства

3.5 Резюме

При анализе результатов хирургического лечения больных с моносегментарной дегенеративной деформацией, обусловленной дегенеративным спондилолистезом, в сочетании со стенозом позвоночного канала было показано, что более 82 % пациентов после декомпрессивно-корректирующего вмешательства достигли MCID по ODI через 3 мес. после операции. При этом доля пациентов, достигших MCID, сопоставима в группах O-TLIF и MIS-TLIF. И пациенты, перенесшие вмешательство, и врачи оценивают результат хирургического лечения как «значительно лучше» по сравнению с дооперационным состоянием.

При выполнении MIS-TLIF клиническая эффективность лечения не хуже, чем при выполнении O-TLIF, что означает сопоставимые результаты по основному параметру оценки – функциональная дееспособность по опроснику ODI. При использовании MIS-TLIF отмечены более короткая

продолжительность пребывания в стационаре ($p < 0,001$) и меньшая потребность в дополнительном обезболивании ($p = 0,026$).

Наиболее часто оперируемый сегмент при дегенеративных деформациях, обусловленных дегенеративным спондилолистезом, в сочетании со стенозом позвоночного канала – уровень L4–L5. При планировании декомпрессивно-корректирующего вмешательства обязательно необходим расчет параметров сагиттального баланса (фактических и «идеальных»), на основании которых возможно определение хирургической тактики.

При интраоперационном выполнении всех доступных вертебрологу корректирующих маневров сегментарный угол после операции был в 1,3 раза больше в группе O-TLIF, чем в группе MIS-TLIF ($p = 0,006$). Медиана значений сегментарного угла после операции при выполнении TLIF (открытого или минимально инвазивного) при условии выполнения интраоперационной коррекции всем арсеналом вертебролога составляет 7° , это является пределом возможностей данной методики. Определена обратная зависимость между сегментарным углом до операции и возможным объемом коррекции – чем меньше сегментарный угол до операции, тем больше возможно создать сегментарный угол после вмешательства.

Абсолютное большинство (96,9 %, 93/96) пациентов, включенных в исследование, были госпитализированы, наблюдались до и после операции с применением программы удаленного периоперационного наблюдения, что является высоким показателем заинтересованности в прохождении лечения в отделении и участия в исследовании.

Результаты анализов 91,7 % (88/96) пациентов успешно проверены терапевтом заблаговременно, что сократило время пребывания больных в приемном покое и очное время работы терапевта, а также снизило число отмен при госпитализации. Сбор клинических данных (6 опросников) на 5 визитах исследования проводился также с использованием программы

телемониторинга, также продолжается наблюдение включенных пациентов в течение 2 лет после операции.

Тотальный сбор данных госпитализированных пациентов, а также отслеживание клинических данных в динамике является основой для проведения научных исследований, создания нозологических регистров. Представленные сценарии демонстрируют уникальность подхода к цифровизации периоперационного периода в вертебрологии, включая интеграцию машинного обучения для анализа данных и аларм-системы, что открывает новые перспективы для персонализированной медицины.

ГЛАВА 4. НЕЙРОПАТИЧЕСКИЙ БОЛЕВОЙ СИНДРОМ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ИСХОДЫ МОНОГОСЕГМЕНТАРНЫХ КОРРИГИРУЮЩИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ У ПАЦИЕНТОВ С ПОЯСНИЧНЫМ ОСТЕОХОНДРОЗОМ

В рамках проспективного исследования выполняли оценку НБС, его выявление не влияло на тактику хирургического лечения. Наличие НБС не являлось показанием к хирургическому лечению, но все эти пациенты были дополнительно консультированы неврологом для оценки целесообразности назначения медикаментозного сопровождения в пред- и послеоперационном периоде. Наличие или отсутствие НБС диагностировали по опроснику DN4: при сумме баллов 4 и более диагностировали нейропатию. Для выявления тревожного расстройства использовали опросник HADS тревога: при сумме баллов 8 и более диагностировали тревогу. Статистически значимой связи между наличием депрессии и НБС не было выявлено. Сбор данных клинических опросников и периоперационное наблюдение пациентов проводили с использованием программы телемониторинга.

4.1 Общая характеристика пациентов с нейропатическим болевым синдромом

В исследование были включены 96 пациентов с запланированным декомпрессивно-корректирующим вмешательством. На Визите 2 (3 мес. после операции) у 73 (76,0 %) пациентов были доступны данные DN4. В зависимости от наличия или отсутствия НБС пациенты были разделены две группы (таблица 11).

При поступлении 52,1 % пациентов имели признаки НБС, из них у 31,3 % была тревога. У пациентов с НБС была выше интенсивность боли в ноге (6 [5; 8] против 5 [4; 6], $p = 0,003$), но боли в спине и значение ODI были сопоставимы с группой пациентов без признаков нейропатии ($p = 0,075$ и

$p = 0,351$ соответственно). Следует отметить, что пациенты с НБС значимо чаще имели тревогу при сравнении с пациентами, у которых нейропатии не было.

Таблица 11 – Сравнение параметров пациентов в зависимости от наличия НБС при поступлении

Параметр	НБС есть	НБС нет	Все пациенты	p-value
Количество	52,1 % (50/96)	47,9 % (46/96)	96	
Возраст, годы	54 [48; 63]	56 [48; 64]	55 [48; 63.5]	0,553
Мужчин, n, %	34,0 % (17/50)	26,1 % (12/46)	30,2 % (29/96)	0,412
Наличие тревоги, n, %	46,0 % (23/50)	15,2 % (7/46)	31,3 % (30/96)	<0,001
NPRS нога	6 [5; 8]	5 [4; 6]	5 [4; 7]	0,003
NPRS спина	5 [4; 7]	6 [4; 8]	5 [4; 7.5]	0,075
ODI	48 [35; 58]	44 [33; 56]	47 [34; 57]	0,351

Примечание: Непрерывные переменные представлены как среднее значение $\pm$ стандартное отклонение, категориальные переменные представлены в процентах для каждой группы

Через 3 мес. после операции было отмечено снижение доли пациентов с признаками нейропатии до 27,4 % (20/73) пациентов (**таблица 12**), из них у 13 % нейропатия появилась, когда изначально ее не было. Пациенты с НБС через 3 мес. после операции также отмечали более высокую интенсивность боли в ноге ($p = 0,043$), а интенсивность боли в спине и функциональная дееспособность имели сопоставимые значения в обеих группах ($p = 0,163$ и $p = 0,304$ соответственно). Пример регресса тревоги и депрессии у пациента представлен на **рисунке 29**.

Таблица 12 – Сравнение параметров пациентов с наличием и отсутствием НБС через 3 мес. после операции

Параметр	НБС есть	НБС нет	Все пациенты	p-value
Количество	27,4 % (20/73)	72,6 % (53/73)	73	
Наличие тревоги, n, %	40 % (8/20)	11,3 % (6/53)	19,2 % (14/73)	<0,001
NPRS нога	3 [1; 4.5]	2 [0.5; 3]	2 [1; 3.5]	0,043
NPRS спина	2 [1; 3]	2 [1; 5]	2 [1; 4]	0,163
ODI	20 [14; 32]	20 [12.7; 30]	20 [13.3; 31.1]	0,304

Примечание: Непрерывные переменные представлены как среднее значение $\pm$ стандартное отклонение, категориальные переменные представлены в процентах для каждой группы

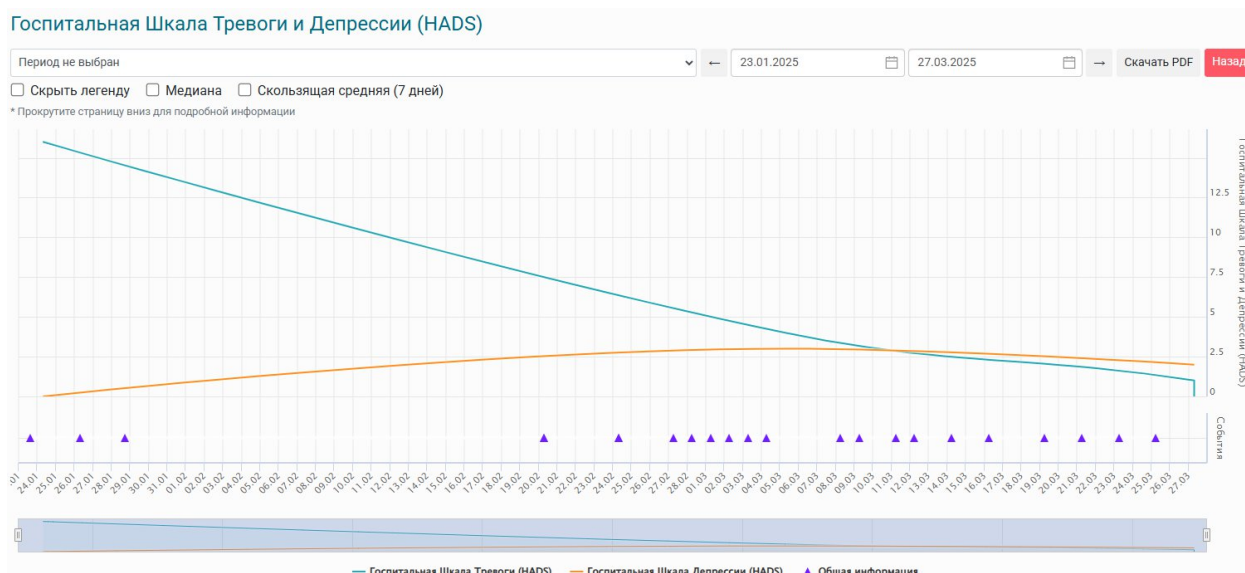


Рисунок 29 – График регресса тревоги и депрессии у пациента. До оперативного вмешательства значение тревоги составляло 10 баллов, после – отмечено снижение уровня тревоги до 5 баллов

Также после операции отмечено уменьшение доли пациентов с тревогой – 19,2 % (14/73) пациентов, но в группе с НБС тревожных больных было значимо больше, как и при поступлении ($p < 0,001$) (**рисунок 30**).

Таким образом, через 3 мес. после операции пациенты с НБС характеризовались в 1,5 раза более высокой интенсивностью боли в ноге по сравнению с пациентами без НБС. В целом пациенты с сохранением НБС или с его приобретением отмечали меньший регресс интенсивности болевого синдрома (в обоих случаях $p < 0,005$).

Далее был проведен регрессионный анализ для выявления предикторов наличия НБС среди предоперационных параметров (**таблица 13**).

Предикторами наличия НБС до операции были определены возраст ($\beta=0,230$, $p = 0,018$) и наличие тревоги ($\beta=0,432$, $p = 0,001$).

Таким образом, чем выше значение тревоги до или после операции, тем выше вероятность выявления НБС до операции и выше вероятность его возникновения после операции.

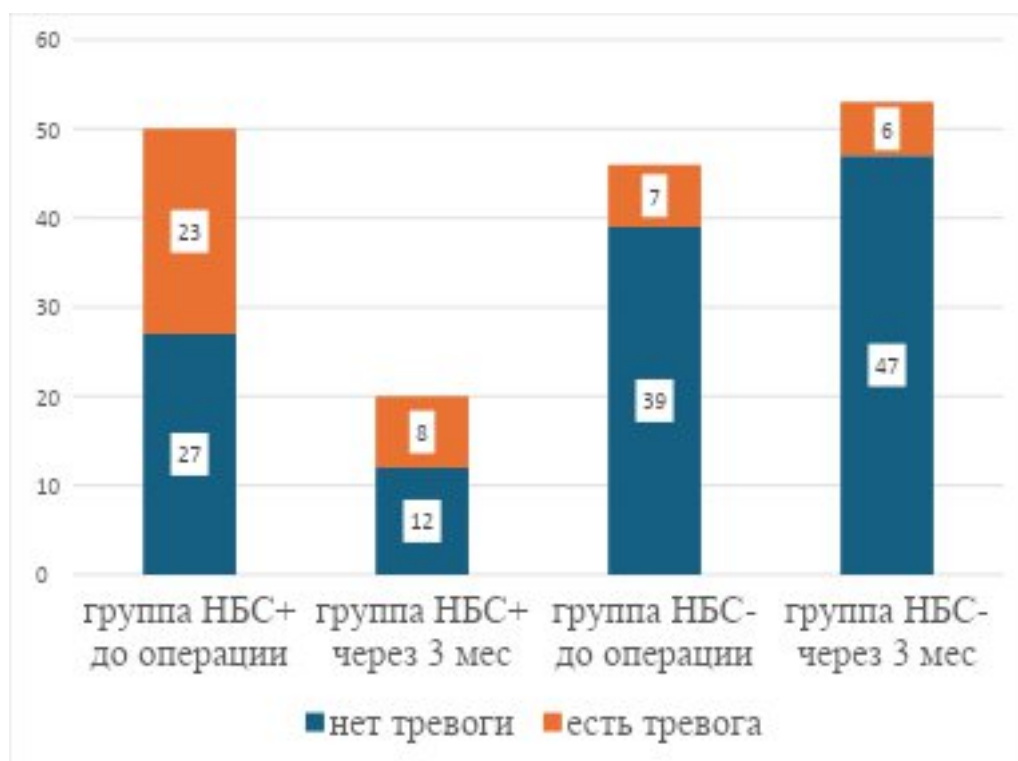


Рисунок 30 – Динамика доли пациентов с тревогой в группах с наличием и отсутствием НБС до операции и через 3 мес. после нее. НБС+ – НБС присутствует, НБС- – НБС отсутствует

Таблица 13 – Предикторы наличия НБС при поступлении

Предиктор	Наличие НБС при поступлении (beta, p-value)	Наличие НБС после операции (beta, p-value)
Возраст	0,230, p=0,018	0,427, p=0,319
Пол	-0,189, p=0,082	-0,406, p=0,218
Тревога	0,432, p=0,001	0,506, p=0,003
NPRS нога	0,758, p=0,733	0,518, p=0,091
NPRS спина	0,288, p=0,084	0,285, p=0,506
ODI	-0,914, p=0,071	-0,488, p=0,802

4.2 Резюме

При анализе периоперационного влияния НБС на результаты лечения больных, которым выполнялось моносегментарное декомпрессивно-корректирующее вмешательство, было установлено, что до операции у 52,1 % пациентов была нейропатическая боль и у 31,3 % из них были тревога.

После операции доля пациентов с НБС снизилась в 1,9 раза (с 52,1 до 27,4 %) несмотря на то, что хирургическое лечение не было направлено на лечение нейропатии. Пациенты с признаками нейропатии отмечали более интенсивную боль в ноге как до, так и после операции ($p = 0,003$ до операции и $p = 0,043$ после операции) при сравнении с пациентами без нейропатии.

В проведенном исследовании показано, что предиктором нейропатии до и после операции является наличие тревоги. Таким образом, при диагностировании тревоги у пациента перед операцией с большой долей вероятности можно предполагать наличие или появление НБС, а также более выраженную боль в ноге до или после операции. Целесообразно проводить предоперационное тестирование пациентов на выявление признаков НБС или тревоги для прогнозирования клинического исхода после хирургического лечения.

ГЛАВА 5. ВЛИЯНИЕ ПАРАСПИНАЛЬНЫХ МЫШЦ НА ИСХОДЫ МОНОСЕГМЕНТАРНЫХ КОРРИГИРУЮЩИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ У ПАЦИЕНТОВ С ПОЯСНИЧНЫМ ОСТЕОХОНДРОЗОМ

В настоящее время активно обсуждается роль качества и количества параспинальных мышц в формировании сагиттального профиля человека и обеспечении стабильности позвоночно-двигательных сегментов. Проведено исследование по изучению взаимосвязей между качеством параспинальных мышц и исходом хирургического лечения пациентов с дегенеративным поражением позвоночника.

5.1 Общая характеристика когорты

Были проанализированы данные 53 больных, которым было проведено моносегментарное декомпрессивно-корригирующие вмешательство по поводу дегенеративного поражения поясничного отдела позвоночника. Всем пациентам этой части исследования был выполнен O-TLIF с интраоперационной коррекцией сегментарных взаимоотношений.

В исследование включено 11 мужчин и 42 женщины (20 %/80 %, медиана возраста 52 [47; 61] года, имеющие индекс массы тела 29,1 [28,1; 32,0] кг/м². Пациентов с регионарным дисбалансом было 33 (63,3 %) (II тип по классификации O. Gille), с глобальным дисбалансом – 19 (36,7 %) (III тип O. Gille).

Через 12 мес. после операции отмечено значимое уменьшение интенсивности болевого синдрома как в поясничном отделе позвоночника (6 [5; 7] до операции против 3 [2; 4] после операции, $p < 0,0001$), так и в ноге (5 [5; 6,25] до операции против 1 [0; 1] после операции, $p < 0,0001$), а также улучшения качества жизни (57 [44; 65] до операции против 22 [16; 31] после операции, $p < 0,0001$).

Через 12 мес. после операции было отмечено, что сагиттальный профиль стал более гармоничным, сегментарный угол, на который было направлено хирургическое вмешательство, увеличился (**таблица 14**).

Таблица 14 – Динамика параметров сагиттального баланса после операции

Параметр	При поступлении	Через 12 мес. после операции	p-value
PI, град.	54 [47; 59]	–	–
PT, град.	24 [17; 26]	17 [15; 19]	0,001
Index Barrey	0,77 [0,45; 1,31]	0,52 [0,36; 0,85]	0,002
SL, град.	1 [-1; 2]	10 [7; 12]	<0,0001
LL, град.	33 [21; 39]	47 [44; 53]	<0,001
Lordosis distribution index, %	42 [20; 46]	66 [57; 69]	<0,001

В результате хирургического вмешательства по коррекции сегментарных взаимоотношений значение поясничного лордоза LL значительно увеличилось (с 33° [21; 39] до операции до 47° [44; 53] через 12 мес. после операции, $p < 0,001$) преимущественно за счет восстановления его дистальной части LDI ($p < 0,001$) Также после операции выявлено улучшение показателей глобального баланса (Index Barrey) ($p = 0,002$) и механизмов компенсации (Pelvic tilt) ($p = 0,001$).

5.2 Оценка качества мышечной ткани параспинальных мышц

Жировую дегенерацию мышечной ткани параспинальных мышц оценивали по данным МРТ поясничного отдела позвоночника, выполненной до оперативного лечения, согласно классификации Goutallier (**рисунок 31**) и по методу «thresholding technique».

Жировую инфильтрацию, которая также является количественной характеристикой, оценивали по аксиальным срезам МРТ поясничного отдела позвоночника в режиме T2-ВИ на уровне диска L4–L5. С помощью программного обеспечения ImageJ, используя «thresholding technique», удалось определить процентное содержание жировой ткани в зоне интереса (**рисунок 32**).

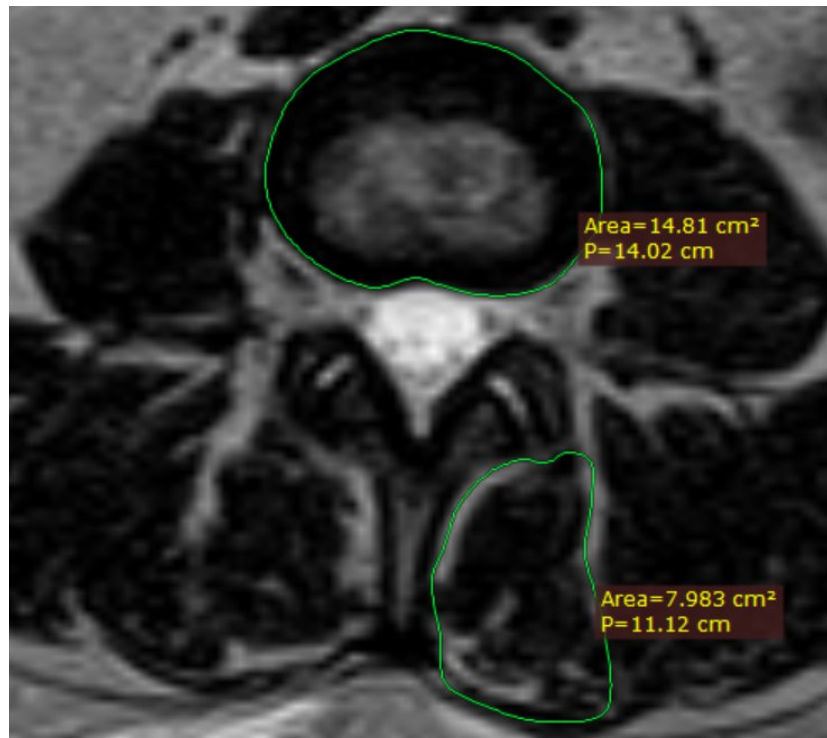


Рисунок 31 – Пример измерения rCSA *m. multifidus* в поясничном отделе rCSA = площадь поперечного сечения мышцы / площадь межпозвонкового диска = 0,57

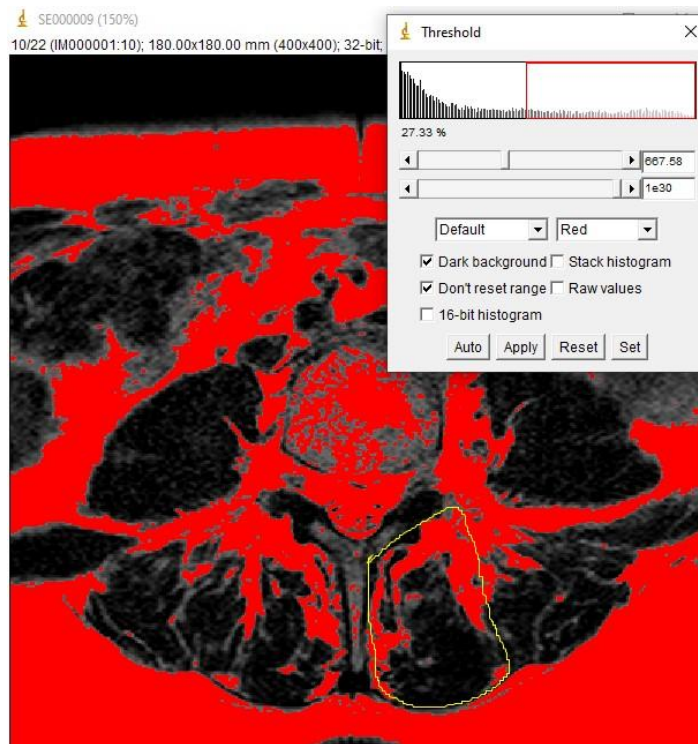


Рисунок 32 – Пример измерения жировой инфильтрации *m. multifundus*. Доля жировой ткани в отмеченной области составляет 27 %, что соответствует II степени по классификации Goutallier

Согласно классификации Goutallier у пациентов исследуемой когорты наибольшая жировая дегенерация отмечена в *m. multifidus*, а наименьшая – в *m. psoas* ($p < 0,0001$) (**рисунок 33**). Аналогичные данные получены при анализе жировой дегенерации мышц методом «thresholding technique»: *m. psoas* – 0,52 [0,31; 1,03] %, *m. erector spinae* – 19,4 [15,8; 22,9] % и *m. multifidus* 29 [26,7; 33,1] % ($p < 0,001$).

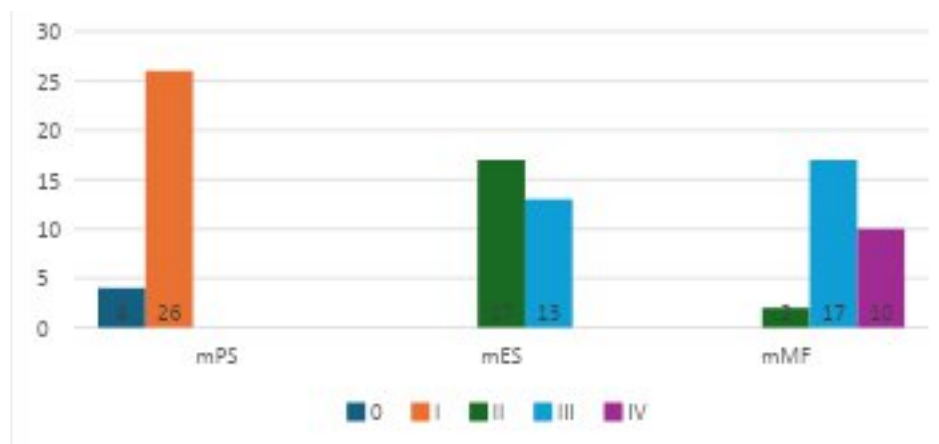


Рисунок 33 – Градации жировой дегенерации мышечной ткани согласно классификации Goutallier в *m. psoas* (mPS), *m. erector spinae* (mES) и *m. multifidus* (mMF)

Относительная площадь поперечного сечения мышцы была наибольшей у *m. erector spinae*, наименьшей – у *m. multifidus*. При попарном сравнении анатомических групп различия были статистически значимы (все $p < 0,05$) (**рисунок 34**).

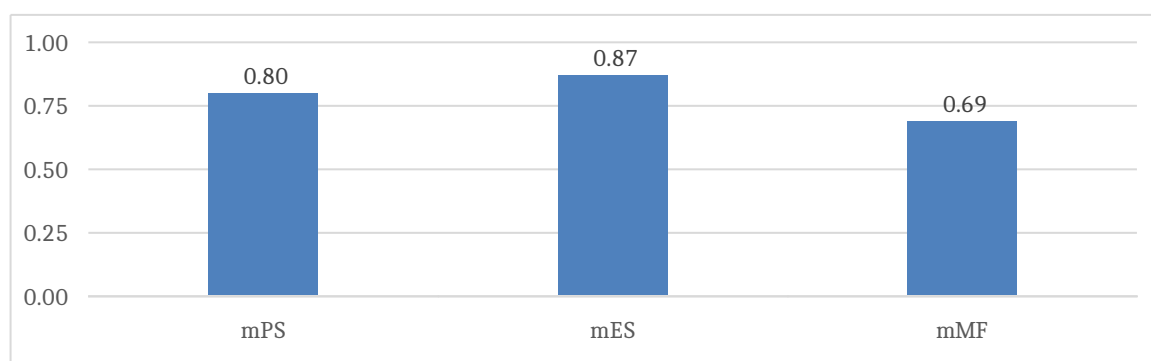


Рисунок 34 – Медиана площади поперечного сечения (коэффициент) *m. psoas* (mPS), *m. erector spinae* (mES) и *m. multifidus* (mMF) при поступлении

Далее при помощи корреляционного анализа определена теснота взаимосвязи между параметрами *m. psoas*, *m. erector spinae* и *m. multifidus*, определенными до операции, и клиническими и рентгенологическим данными через 12 мес. после операции (**таблица 15**).

Отмечено, что все исследуемые характеристики мышц (жировая дегенерация мышц по Goutallier, площадь мышцы и доля ее жировой инфильтрации) имеют значимую связь с параметрами глобального баланса: Index Barrey (r варьируется от 0,345 до 0,831, $p < 0,05$), а также с параметром компенсации РТ (r варьируется от 0,469 до 0,680 ($p < 0,05$), при этом не влияют на сегментарные и регионарные параметры. С клиническими данными значимая корреляция отмечена у степени жировой дегенерации *m. multifidus* и *m. erector spinae*, а площадь поперечного сечения – в меньшей степени.

В зависимости от значения Index Barrey на сроке 12 мес. после операции пациенты были разделены на три группы: Группа I – Index Barrey $< 0,5$, Группа II – Index Barrey от 0,51 до 0,75 и Группа III – Index Barrey $> 0,76$; такое разделение обусловлено выраженностью сагиттального дисбаланса (**таблица 16**).

Наиболее значимым параметром, отличающимся между всеми градациями Index Barrey, является жировая инфильтрация *m. multifidus*, а площадь поперечного сечения этой мышцы не влияла на достигнутый уровень Index Barrey ($p > 0,05$). Доля жировой инфильтрации *m. multifidus* в группе пациентов с декомпенсированным дисбалансом самая высокая – $46,60 \pm 6,35 \%$.

Таким образом, дооперационные качественные и количественные параметры параспинальных мышц имеют значимую корреляционную связь с клиническими результатами проведенного моносегментарного корригирующего вмешательства пациентам с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника. Жировая дегенерация *m. multifidus* является предиктором невосстановления сагиттального баланса или усугубления дисбаланса после операции.

Таблица 15 – Теснота связи между качественным и количественным составом мышцы и клиническими и рентгенологическими параметрами (коэффициент r)

Параметр через 3 мес. после операции	Goutallier psoas	Goutallier ES	Goutallier MF	rCSA psoas	rCSA ES	rCSA MF	FI psoas	FI ES	FI MF
NPRS спина	0,23	0,401*	0,415*	-0,398*	-0,198	-0,390*	0,298	0,475*	0,568*
ODI	0,118	0,399*	0,515*	0,410*	-0,175	-0,362*	0,217	0,514*	0,594*
Сегментарный угол	0,198	0,189	0,401	-0,108	0,107	-0,112	0,136	0,147	0,188
PT	0,469*	0,490*	0,577*	-0,598*	-0,167	-0,504*	0,522*	0,514*	0,680*
Index Barrey	0,414*	0,567*	0,668*	-0,345*	-0,119	-0,481*	0,564*	0,781*	0,831*
LL	-0,195	-0,115	-0,342*	0,108	-0,009	0,185	-0,137	-0,286*	-0,349*
LDI	-0,124	-0,125	-0,208	0,194	0,097	0,112	-0,302	-0,341	-0,485

Примечание: PS – *m. psoas*, ES – *m. erector spinae*, MF – *m. multifidus*, FI – *fat infiltration*. * $p < 0,005$.

Таблица 16 – Качественные и количественные характеристики параспинальных мышц в зависимости от выраженности сагиттального дисбаланса на сроке 12 мес. после операции

Параметр	Группа I (n=23)	Группа II (n=21)	Группа III (n=9)	p-value	
				Группа I против Группа II	Группа II против Группа III
Goutallier PS, степень	0,31 ± 0,46	0,58 ± 0,50	0,81 ± 0,40	0,604	0,663
Goutallier ES, степень	1,69 ± 0,53	2,00 ± 0,41	2,63 ± 0,50	0,201	0,929
Goutallier MF, степень	2,38 ± 0,52	2,54 ± 0,50	3,36 ± 0,16	0,914	0,973
rCSA PS, коэфф.	0,83 ± 0,13	0,76 ± 0,15	0,66 ± 0,16	0,203	0,302
rCSA ES, коэфф.	0,86 ± 0,09	0,89 ± 0,15	0,74 ± 0,11	< 0,001	0,217
rCSA MF, коэфф.	0,71 ± 0,07	0,66 ± 0,12	0,55 ± 0,11	0,001	0,019
FI PS, %	0,51 ± 0,51	0,91 ± 0,84	1,96 ± 1,00	0,002	0,001
FI ES, %	17,53 ± 3,84	20,45 ± 3,73	27,89 ± 3,08	0,907	0,461
FI MF, %	27,93 ± 4,80	30,45 ± 3,84	46,60 ± 6,35	0,004	0,004

Примечание. PS – *m. psoas*, ES – *m. erector spinae*, MF – *m. multifidus*, FI – *fat infiltration*.

5.3 Резюме

При анализе роли состояния параспинальных мышц в результатах хирургического лечения пациентов с дегенеративными деформациями позвоночника, обусловленными моносегментарным дегенеративным спондилолистезом, в сочетании с дегенеративным стенозом позвоночного канала были использованы качественные и количественные методики: классификация Goutallier, оценка площади мышцы (rCSA) и степени жировой инфильтрации методом «thresholding technique».

Установлено, что все исследуемые характеристики мышц (жировая дегенерация мышц по Goutallier, площадь мышцы и доля ее жировой инфильтрации) имеют значимую связь с параметром глобального баланса Index Barrey и параметром компенсации PT. При этом взаимосвязи состояния параспинальных мышц и сегментарных и регионарных параметров не выявлено. С клиническими данными (интенсивность боли в спине, функциональная дееспособность ODI) значимая корреляция отмечена у характеристик *m. multifidus*.

Доля жировой инфильтрация *m. multifidus* и *m. erector spinae* значимо различается в группах сбалансированных пациентов, пациентов с субкомпенсированным и декомпенсированным балансом. Чем менее сбалансирован пациент, тем больше у него доля жировой инфильтрации *m. multifidus* и *m. erector spinae*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проспективного открытого рандомизированного исследования

В исследование вошли 96 пациентов с запланированным декомпрессивно-корригирующим вмешательством. Пациенты были распределены в группы MIS-TLIF и O-TLIF в соотношении 1:1, что позволило создать сопоставимые гомогенные группы. 89,9 % хирургических вмешательств выполняли на уровне L4–L5, 9,1 % – на уровне L3–L4. Значение МПКТ составило 155 [128; 184] HU в общей когорте, что является достаточным для выполнения стабильного металлодеза.

Регресс индекса ODI в группах O-TLIF и MIS-TLIF составил $-26,0 \pm 19,12$ и $-26,5 \pm 15,04$, соответственно. Согласно гипотезе, разница регресса ODI между группами не должна превысить 12 баллов. Разница между группами составила 0,4 при 90 % ДИ от -5,7 до 6,5. Левая граница была меньше границы не меньшей эффективности 12. Таким образом, по результатам анализа первичной конечной точки была доказана не меньшая эффективность использованных хирургических методик.

При анализе вторичных конечных точек статистически значимых различий между группами по параметрам NPRS для спины, NPRS для ног, DN4, SF-36 (HTI), CGPC, количеству осложнений, длительности операции и объему кровопотери ($p > 0,05$) не выявлено.

Однако пациентам, перенесшим O-TLIF, значительно чаще требовалось дополнительное обезболивание ($p = 0,026$), а длительность госпитализации была больше на 1,5 дня ($p < 0,005$).

Значение сегментарного угла после операции было выше в группе O-TLIF в 1,3 раза ($p = 0,006$), без статистически значимых различий по другим параметрам ($p > 0,05$).

Установлено, что чем больше дефицит сегментарного угла до оперативного вмешательства, тем более вероятно воссоздать сегментарный угол, при условии интраоперационной коррекции.

В мировой литературе данные о коррекции сегментарного лордоза при выполнении MIS-TLIF или O-TLIF имеют огромный диапазон – от $0,05 \pm 2,85^\circ$ до $7,2 \pm 11,46^\circ$ [85]. Полученные нами результаты не противоречат данным мировой литературы, однако требуется проведение аналогичных высокодоказательных исследований для возможности выполнения систематических обзоров и метаанализов.

Результаты использования сценария приложения дистанционного сопровождения для периоперационного наблюдения пациентов

С целью минимизации влияния исследователей и повышения комплаентности пациентов было использовано мобильное приложение телемониторинга для смартфонов. Используя разработанный сценарий для исследования, удалось сохранить значительное количество участников исследования, а также собрать наукометрические данные в полном объеме.

Только 3 (3,1 %) пациента из 96 были госпитализированы без использования приложения удаленного наблюдения. Анализы, необходимые пациентам для госпитализации, предварительно загружались в приложение и были проверены терапевтом приемного отделения. Использование дистанционной проверки анализов позволило снизить экономические затраты на пациентов, снизить частоту отмен госпитализаций с 18 % в 2024 г. до 5 % в 2025 г. Более того, врачом-терапевтом приемного покоя отмечены быстрота и удобство использования данного приложения, что позволило сократить время, необходимое для проверки и оформления пациента, с 40 до 20 мин.

Результаты изучения влияния нейропатического болевого синдрома

При поступлении у 52,1 % пациентов были признаки нейропатической боли, у 31,3 % – тревога. Через 3 мес. после операции отмечено снижение количества пациентов с НБС до 27,4 %, с тревогой – до 19,2 %. Однако в группе с НБС доля тревожных пациентов была значимо больше, как и при

поступлении ($p < 0,001$). У пациентов с НБС интенсивность боли в ноге после операции была выше в 1,5 раза, а регресс болевого синдрома как в спине, так и в ноге был менее выраженным (в обоих случаях $p < 0,005$). Предикторами нейропатической боли до операции были определены возраст и наличие тревоги, а после – только наличие тревоги.

Вопрос о нейропатической боли в мировой литературе остается дискуссионным на протяжении длительного времени. Существует множество теорий возникновения НБС [2], среди которых важное место занимает теория появления нейропатии на фоне компрессии невралжных структур [93], а также теория возникновения нейропатии после проведенного хирургического лечения – синдром оперированного позвоночника (FBSS) и персистирующая боль в спине (PPSS) [33]. Однако предикторы возникновения НБС в мировой литературе не изучаются, несмотря на то, что своевременная диагностика помогает спрогнозировать и улучшить клинические результаты хирургического лечения.

Результаты изучения качества параспинальных мышц

В ходе ретроспективного анализа данных 53 пациентов, которым был проведен моноsegmentарный открытый TLIF на одном поясничном уровне, выявлено, что предиктором невосстановления сагиттального баланса и усугубления дисбаланса после операции является жировая дегенерация параспинальных мышц (*m. multifidus*). Стеатоз *m. erector spinae* и *m. multifidus*, а также относительная площадь поперечного сечения *m. psoas* и *m. multifidus* статистически значимо влияют на уровень боли в спине и значения ODI у пациентов с поясничным остеохондрозом и нарушением сагиттального баланса.

Данные систематических обзоров мировой литературы носят противоречивый характер в вопросе изучения паравертебральных мышц: Seyedhoseinpoor et al. [102] выявили значимую корреляцию состояния *m. multifidus*, но не подтверждает важность *m. psoas* и *m. erector spinae*, а W. Zhu et al. [116] выявлена клинически значимая связь состояния

m. multifidus, *m. iliocostalis* и *m. longissimus*. В проведенном диссертационном выявлена значимая клиническая связь с состоянием *m. erector spinae* и *m. multifidus*, что открывает дальнейшие возможности для дискуссий и проведения высокодоказательных исследований.

ВЫВОДЫ

1. Неудовлетворительный результат выполнения моносегментарного трансфораминального межтелового спондилодеза с винтовой фиксацией обусловлен, в том числе, высокой степенью жировой дегенерации параспинальных мышц (30,45 % методом «thresholding technique»), нейропатическим болевым синдромом (более 4 баллов по шкале DN4) и/или тревогой (более 8 баллов по шкале HADS) в периоперационном периоде.

2. Послеоперационное значение сегментарного лордоза, равное 7° [5; 9], является пределом корригирующих возможностей открытого или минимально инвазивного трансфораминального межтелового спондилодеза с винтовой фиксацией при условии выполнения интраоперационной коррекции всем арсеналом вертебролога. Чем меньше значение сегментарного угла до операции, тем больший объем коррекции можно получить вне зависимости от доступа к позвоночнику (r от -0,719 до -0,488, $p < 0,000$).

3. Выполнение моносегментарного открытого и минимально инвазивного трансфораминального межтелового спондилодеза с винтовой фиксацией имеет сопоставимую клиническую эффективность по ODI на самом чувствительном сроке оценки – через 3 мес. после операции ($p > 0,005$). При минимально инвазивном вмешательстве на 1,5 дня меньше длительность пребывания в стационаре ($p < 0,001$) и отсутствует потребность в дополнительном обезболивании ($p = 0,026$).

4. Внедрение сценария дистанционного анкетирования на основе системы телемониторинга в периоперационном периоде значительно повысило удовлетворенность пациентов проведенным лечением, повысило эффективность работы приемного и вертебрологического отделений. Использование телемедицинских технологий позволило сократить число отказов в госпитализации с 18 до 5 %, уменьшить время, необходимое врачу-терапевту для осмотра пациента, с 40 до 20 мин, а также уменьшить нагрузку на средний и младший медицинский персонал посредством дистанционного анкетирования.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Применение одноуровневых декомпрессивно-корректирующих вмешательств у пациентов с сочетанием дегенеративного стеноза и дегенеративного спондилолистеза поясничного отдела позвоночника должно сопровождаться адекватной коррекцией угловых параметров с целью улучшения клинических результатов, независимо от метода TLIF. Чем больше дефицит фактического предоперационного сегментарного лордоза, тем больше возможности проводимой коррекции, медиана изменения максимального локального лордоза после операции при выполнении TLIF составляет 7° , независимо от выбранного хирургического доступа.

2. Необходимо проводить своевременное анкетирование пациентов с сочетанием дегенеративного стеноза и спондилолистеза на одном поясничном уровне с целью выявления НБС и тревоги до оперативного вмешательства для назначения дополнительного лечения, консультации невролога и психолога и улучшения исходов хирургического лечения. Исходное наличие тревоги и НБС отрицательно сказывается на исходах хирургического лечения и выраженности болей в нижней конечности как до, так и после хирургического лечения.

3. Использование платформы дистанционного наблюдения обеспечивает сбор наукометрических периоперационных данных пациентов на сроках, необходимых исследователю, что позволяет формировать нозологические базы, необходимые для проведения высококачественных исследований, а также значительно увеличивает заинтересованность пациента в лечении.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВАШ	–	визуально-аналоговая шкала;
ВОЗ	–	Всемирная организация здравоохранения;
ВИ	–	взвешенные изображения;
ЗП	–	замыкательная пластинка;
ИМТ	–	индекс массы тела;
КТ	–	компьютерная томография;
МПКТ	–	минеральная плотность костной ткани;
MPT	–	магнитно-резонансная томография;
ЭНМГ	–	электронейромиография;
ЭОП	–	электронно-оптический преобразователь;
AL	–	anterolateral (переднелатеральный);
ALIF	–	anterior lumbar interbody fusion (передний поясничный межтеловой спондилодез);
ALLIF	–	anterolateral lumbar interbody fusion (переднебоковой поясничный межтеловой спондилодез);
DA	–	disc angle (дисковый угол);
DEXA	–	dual-energy x-ray absorptiometry (двухэнергетическая рентгеновская денситометрия);
DH	–	disc height (высота диска);
DN	–	douleur neuropathique (диагностический опросник нейропатической боли);
FBSS	–	Failed back surgery syndrome (синдром оперированного позвоночника);
FH (NH)	–	(neuro) foramen height (высота (нейро) фораминального отверстия);
FJA	–	facet joint angle (угол фасеточных суставов);
GLL	–	global lumbar lorsosis (общий поясничный лордоз);

HADS	– Hospital Anxiety and Depression Scale (госпитальная шкала тревоги и депрессии);
HU	– Hounsfield Units (единицы Хаунсфилда);
LANSS	– Leeds Assessment of Neuropathic Symptoms and Signs (Лидская шкала оценки нейропатической боли);
LL	– Lumbar Lordosis (поясничный лордоз);
LLL	– Low Lumbar Lordosis (нижнепоясничный лордоз);
MC	– Modic Changes (изменения типа Модик);
MCID	– Minimal Clinically Important Difference (минимальная значимая клиническая разница);
MIS	– Minimally Invasive Surgery (минимально инвазивная хирургия);
NPQ	– Neuropathic Pain Questionnaire (опросник нейропатической боли);
NPRS	– Numeric Pain Rating Score (числовая рейтинговая шкала);
ODI	– Oswestry Disability Index (индекс недееспособности Освестри);
OLIF	– Oblique Lumbar Interbody Fusion (косой поясничный межтеловой спондилодез);
PEEK	– Polyetheretherketone (полиэфирэфиркетона);
PI	– Pelvic Incidence (наклон таза);
PJK	– Proximal Junctional Kyphosis (проксимальный переходный кифоз);
PLF	– Posterior Lumbar Fixation (дорсальная поясничная фиксация);
PLIF	– Posterior Lumbar Interbody Fusion (задний поясничный межтеловой спондилодез);
PPSS	– Persistent Pain After Spine Surgery (персистирующая боль в спине после хирургического лечения);
PT	– Pelvic Tilt (угол наклона таза);
SA	– Segmental Angle (сегментарный угол);
SD	– Standart Deviation (стандартное отклонение);
SL	– Segmental Lordosis (угол сегментарного лордоза);

SSA	– Spinosacral Angle (позвоночно-крестцовый угол);
SSL	– Segmental Lumbar Lordosis (сегментарный поясничный лордоз);
SVA	– Sagittal Vertical Axis (сагиттальная вертикальная ось);
SS	– Sacral Slope (наклон крестца);
TLIF	– Transforaminal Lumbar Interbody Fusion (трансфораминальный поясничный межтеловой спондилодез);
TEPs	– Total Endplate Score (шкала дефектов замыкательных пластинок).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давыдов, О.С. Невропатическая боль: клинические рекомендации по диагностике и лечению Российского общества по изучению боли / О.С. Давыдов, Н.Н. Яхно, М.Л. Кукушкин [и др.] // Russian Journal of Pain. – 2018. – Т. 2018. – № 4. – С. 5-41. DOI: 10.25731/RASP.2018.04.025.
2. Гуща, А.О. Болевой синдром при дегенеративно-дистрофических изменениях позвоночника / А.О. Гуща, Е.В. Герасимова, Е.Н. Полторако // Анналы клинической и экспериментальной неврологии. – 2018. – Т. 12. – № 4. – С. 67-75. DOI: 10.25692/acen.2018.4.10
3. Леонова, О.Н. Минимальная клинически значимая разница как способ оценки эффективности лечения в хирургии позвоночника по шкалам и опросникам: несистематический обзор литературы / О.Н. Леонова, Е.С. Байков, А.В. Крутько // Хирургия позвоночника. – 2022. – Т. 19. – № 4. – С. 60-67. DOI: 10.14531/ss2022.4.60-67.
4. Булатов, А.В. Эффективность применения минимально-инвазивных декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств в хирургическом лечении рецидивов болевого синдрома после операций на поясничном отделе позвоночника / А.В. Булатов, Д.М. Козлов, А.В. Крутько, Ш.А. Ахметьянов // Хирургия позвоночника. – 2014. – № 2. – С. 60-66. – EDN VQIOAK.
5. Крутько, А.В. Минимально-инвазивные технологии в хирургическом лечении дегенеративного поясничного сколиоза взрослых / А.В. Крутько, П. Дурни, А.И. Васильев, А.В. Булатов // Хирургия позвоночника. – 2014. – № 4. – С. 49-56. – EDN TODHBZ.
6. Байков, Е.С. Лечебно-диагностическая классификация дегенеративного спондилолистеза: валидация и мультицентровый межэкспертный консенсус / Е.С. Байков, А.Г. Назаренко, Н.А. Коновалов [и др.] // Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко. – 2024. – Т. 88. – № 6. – С. 13-22. DOI: 10.17116/neiro20248806113.

7. Бородулина, И.В. Особенности Дегенеративного Поражения Позвоночника У Пациентов С Постуральными Нарушениями На Фоне Болезни Паркинсона / И.В. Бородулина, С.О. Арестов, А.О. Гуца // Нервные Болезни. – 2019. – Т. 2. – С. 40-45. DOI: 10.24411/2226-.

8. Бывальцев, В.А. Мультицентровый анализ результатов хирургического лечения пациентов с симптоматичным тандем-стенозом шейного и поясничного отделов позвоночника на основе дифференцированного клинико-инструментального алгоритма / В. А. Бывальцев, А. А. Калинин, В. В. Шепелев [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2018. – Т. 24, № 1. – С. 53-64. – DOI 10.21823/2311-2905-2018-24-1-53-64. – EDN YVGNOJ.

9. Колотов, Е. Б. Роль врожденного стеноза межпозвонкового отверстия в хирургическом лечении грыж межпозвонковых дисков / Е.Б. Колотов, В.Н. Булгаков, А.В. Евсюков, А.В. Крутько // Хирургия позвоночника. – 2009. – № 1. – С. 38-41. – EDN KPNJSJ.

10. Есин, И.В. Современные технологии телемедицинского мониторинга пациентов с заболеваниями позвоночника в условиях пандемии / И.В. Есин, Е.О. Перецманас, Б.В. Зингерман [и др.] // Врачи и информационные технологии. – 2023. – № 1. – С. 4-15. DOI: 10.25881/18110193_2023_1_4.

11. Зингерман, Б.В. Medsenger.AI - Система разговорного интеллекта, используемого в составе специализированного медицинского мессенджера / Б.В. Зингерман, А.В. Нозик, И.А. Фистул, Р.А. Бородин. – Российская Федерация, 2019.

12. Климов, В.С. Влияние параметров сагиттального баланса на качество жизни у пациентов пожилого и старческого возраста, оперированных по поводу дегенеративного стеноза поясничного отдела позвоночника / В.С. Климов, И.И. Василенко, А.В. Евсюков [и др.] // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. – 2017. – Т. 81. – № 2. – С. 56-66. DOI: 10.17116/NEIRO201781256-66.

13. Климов, В.С. Синдромальная оценка дегенеративной патологии поясничного отдела позвоночника у пациентов пожилого и старческого возраста / В.С. Климов, Р.В. Халепа, Е.В. Амелина [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2023. – Т. 29. – № 3. – С. 31-45. DOI: 10.17816/2311-2905-12024.

14. Климов Владимир Сергеевич. Дифференцированный нейроортопедический подход к хирургическому лечению пациентов пожилого и старческого возраста с дегенеративной патологией поясничного отдела позвоночника: дис. ... докт. мед. наук / Новосибирск, 2021 / Климов Владимир Сергеевич. – 2021. – С. 1-53.

15. Козлов, Д.М. Отдаленные результаты хирургического лечения дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника у пациентов старше 60 лет / Д.М. Козлов, А.В. Крутько, Е.Б. Колотов, Ш.А. Ахметьянов // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. – 2011. – Т. 75, № 3. – С. 57-61. – EDN PGOOWN.

16. Крутько, А.В. Сагиттальный баланс. Гармония в формулах. / А.В. Крутько. – Новосибирск : АНО "Клиника НИИТО", 2016. – 67 с.

17. Крутько, А.В. Нарушение сагиттального баланса при заболеваниях и повреждениях позвоночника: учебное пособие / А.В. Крутько, В.В. Рерих, В.М. Прохоренко, О.Н. Леонова. – Новосибирск : ИПЦ НГМУ, 2020. – 80 с.

18. Крутько, А.В. Декомпрессивная ламинопластика с использованием пористого никелида титана при дегенеративных стенозах позвоночного канала: экспериментально-клиническое исследование. / А.В. Крутько, А.Е. Симонович, А.М. Зайдман [и др.] // Хирургия позвоночника. – 2004. – Т. 4. – С. 47-56.

19. Леонова, О.Н. Сегментарный лордоз при стабилизации на поясничном уровне у пациентов с дегенеративной патологией: несистематический обзор литературы / О.Н. Леонова, Н.С. Кузьмин, Е.С. Байков [и др.]. – 2025. – Т. 22. – № 3. – С. 67-78. DOI: 10.14531/ss2025.3.67-78.

20. Млявых С.Г. Совершенствование диагностики и хирургического лечения пациентов с симптоматическим дегенеративным стенозом 302 поясничного отдела позвоночника. дис. ...докт.мед.наук/С.Г. Млявых – Нижний Новгород, 2021 / Млявых С.Г.

21. Фомичев, Н.Г. Декомпрессивно-стабилизирующие и пластические операции с использованием имплантатов из пористого никелида титана при дегенеративных поражениях поясничного отдела позвоночника / Н.Г. Фомичев, А.Е. Симонович, А.А. Байкалов, А.В. Крутько // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2005. – № 2. – С. 3-10. – EDN HTAGWP.

22. Никитин, А.С. Сочетание дегенеративного стеноза позвоночного канала с деформацией позвоночника на поясничном уровне. Обзор литературы / А.С. Никитин, А.А. Гринь // Нейрохирургия. – 09.2018. – Т. 20. – № 3. – С. 91-103. DOI: 10.17650/1683-3295-2018-20-3-91-103.

23. Никитин Андрей Сергеевич. Хирургия дегенеративного стеноза поясничного отдела позвоночника диссертации на соискание ученой степени доктора медицинских наук Москва – 2022 / Никитин Андрей Сергеевич. – 2022.

24. Попов, И.В. Анализ сагиттального баланса у пациентов травматолого-ортопедического профиля / И.В. Попов, В.Р. Захарин, В.А. Шаров [и др.]. – 2018. – Т. 2. – С. 75-78. DOI: 616.711-007.5-001.

25. Савинова, Т.Л. Дистанционный мониторинг беременных: опыт Оренбурга / Т.Л. Савинова, А.А. Грудкин, И.В. Ермолаева [и др.] // Акушерство и гинекология. – 2024. – Т. 11. – С. 162-172. DOI: 10.18565/aig.2024.212.

26. Сангинов, А.Д. Минимально инвазивный трансфораминальный межтеловой спондилодез и восстановление сегментарного и поясничного лордоза / А.Д. Сангинов, Е.С. Байков, А.В. Пелеганчук [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 4. – С. 149. DOI: 10.17513/spno.29917.

27. Сериков, В.В. Нейроортопедический подход в лечении дегенеративных стенозов при короткосегментных декомпрессивно стабилизирующих вмешательствах на нижнепоясничном отделе позвоночника / В.В. Сериков, В.А. Мануковский, С.В. Виссарионов [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2023. – Т. 1. – С. 62.

28. Спиридонов, А.В. Анализ влияния параметров позвоночно-тазового баланса на риск развития дегенерации и дегенеративного заболевания смежных сегментов после проведения поясничной ригидной фиксации / А.В. Спиридонов, Ю.Я. Пестряков, А.А. Калинин [и др.] // Инновационная медицина Кубани. – 2021. – № 3. – С. 24-30. DOI: 10.35401/2500-0268-2021-23-3-24-30.

29. Шадеркин, И.А. Дистанционные медицинские консультации пациентов: что изменилось в России за 20 лет / Шадеркин, И.А., В.А. Шадеркина // Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения. – 2021. – Т. 7. – № 2. DOI: 10.29188/2712-9217-2021-7-2-7-17.

30. Ahern, D.P. A meta-analysis of the diagnostic accuracy of Hounsfield units on computed topography relative to dual-energy X-ray absorptiometry for the diagnosis of osteoporosis in the spine surgery population / D.P. Ahern, J.M. McDonnell, M. Riffault [и др.] // The spine journal : official journal of the North American Spine Society. – 2021. – Vol. 21. – № 10. – P. 1738-1749. DOI: 10.1016/J.SPINEE.2021.03.008.

31. Ajiboye, R.M. Radiographic and Clinical Outcomes of Anterior and Transforaminal Lumbar Interbody Fusions: A Systematic Review and Meta-analysis of Comparative Studies. / R.M. Ajiboye, H. Alas, G.M. Mosich [и др.] // Clinical spine surgery. – 2018. – Vol. 31. – № 4. – P. E230-E238. DOI: 10.1097/BSD.0000000000000549.

32. Akkawi, I. Degenerative Spondylolisthesis: A Narrative Review / I. Akkawi, H. Zmerly // Acta Biomedica. – 2021. – Vol. 92. – № 6. – P. e2021313. DOI: 10.23750/abm.v92i6.10526.

33. Alizadeh, R. Pathogenesis, etiology and treatment of failed back surgery syndrome / R. Alizadeh, S.R. Sharifzadeh // *Neurochirurgie*. – 2022. – Vol. 68. – № 4. – P. 426-431. DOI: 10.1016/j.neuchi.2021.09.005.
34. Amaral, R. Lateral versus posterior approaches to treat degenerative lumbar pathologies—systematic review and meta-analysis of recent literature. T. 32 / R. Amaral, G. Pokorny, F. Marcelino [et al.]. // *Eur Spine J*. – 2023. – Vol. 32. – № 5. – P. 1655-1677. DOI: 10.1007/s00586-023-07619-2.
35. Arnoldi, C.C. Lumbar spinal stenosis and nerve root entrapment syndromes. Definition and classification / C.C. Arnoldi, A.E. Brodsky, J. Cauchoix [и др.] // *Clin Orthop Relat Res*. – 1976. – № 115. – P. 4-5.
36. Assaker, R. Failed back surgery syndrome: To re-operate or not to re-operate? A retrospective review of patient selection and failures / R. Assaker, F. Zairi // *Neurochirurgie*. – 2015. – Vol. 61. – P. S77-S82. DOI: 10.1016/j.neuchi.2014.10.108.
37. Baron, R. Neuropathic low back pain in clinical practice / R. Baron, A. Binder, N. Attal [et al.] // *European Journal of Pain*. – 2016. – Vol. 20. – № 6. – P. 861-873. DOI: 10.1002/ejp.838.
38. Barrey, C. Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases / C. Barrey, J. Jund, O. Nosedá [et al.] // *European Spine Journal*. – 2007. – Vol. 16. – № 9. – P. 1459-1467. DOI: 10.1007/s00586-006-0294-6.
39. Bassani, R. Functional and radiological outcome of anterior retroperitoneal versus posterior transforaminal interbody fusion in the management of single-level lumbar degenerative disease / R. Bassani, C. Morselli, A.M. Querenghi [и др.] // *Neurosurgical Focus*. – 2020. – Vol. 49. – № 3. – P. 1-9. DOI: 10.3171/2020.6.FOCUS20374.
40. Beith, I.D. Identifying neuropathic back and leg pain: a cross-sectional study / I.D. Beith, A. Kemp, J. Kenyon [et al.] // *Pain*. – 2011. – Vol. 152. – № 7. – P. 1511-1516. DOI: 10.1016/j.pain.2011.02.033.

41. Berger-Groch, J. Assessment of bone quality at the lumbar and sacral spine using CT scans: a retrospective feasibility study in 50 comparing CT and DXA data / J. Berger-Groch, D.M. Thiesen, D. Ntalos [et al.] // *European Spine Journal*. – 2020. – Vol. 29. – № 5. – P. 1098-1104. DOI: 10.1007/s00586-020-06292-z.
42. Berlin, C. Preoperative lordosis in L4/5 predicts segmental lordosis correction achievable by transforaminal lumbar interbody fusion. / C. Berlin, F. Zang, H. Halm [et al.] // *European spine journal*. – 2021. – Vol. 30. – № 5. – P. 1277-1284. DOI: 10.1007/s00586-020-06710-2.
43. Bertilson, B.C. Inter-examiner reliability in the assessment of low back pain (LBP) using the Kirkaldy-Willis classification (KWC) / B.C. Bertilson, J. Bring, A. Sjöblom [et al.] // *European Spine Journal*. – 2006. – Vol. 15. – № 11. – P. 1695-1703. DOI: 10.1007/s00586-005-0050-3.
44. Bouhassira, D. Prevalence of chronic pain with neuropathic characteristics in the general population / D. Bouhassira, M. Lantéri-Minet, N. Attal [et al.] // *Pain*. – 2008. – Vol. 136. – № 3. – P. 380-387. DOI: 10.1016/j.pain.2007.08.013.
45. Cho, Y.E. Prevalence of Neuropathic Pain in Korean Patients Scheduled for Lumbar Spine Surgery and their Health Related Quality of Life: Nationwide, Multicenter, Prospective, Cross-Sectional, Observational Study / Y.E. Cho, K.H. Kim, H.J. Kim // *Value in Health*. – 2014. – Vol. 17. – № 7. – P. A784-A785. DOI: 10.1016/j.jval.2014.08.398.
46. Choi, M.K. Diagnostic efficacy of Hounsfield units in spine CT for the assessment of real bone mineral density of degenerative spine: correlation study between T-scores determined by DEXA scan and Hounsfield units from CT / M.K. Choi, S.M. Kim, J.K. Lim // *Acta Neurochirurgica*. – 2016. – Vol. 158. – № 7. – P. 1421-1427. DOI: 10.1007/s00701-016-2821-5.
47. Crawford, R.J. Are magnetic resonance imaging technologies crucial to our understanding of spinal conditions? / R.J. Crawford, M. Fortin, K.A. Weber [et al.] // *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. – 2019. – Vol. 49. – № 5. – P. 320-329. DOI: 10.2519/jospt.2019.8793.

48. Dean Deyle, G. The role of MRI in musculoskeletal practice: A clinical perspective / G. Dean Deyle // *Journal of Manual and Manipulative Therapy*. – 2011. – Vol. 19. – № 3. – P. 152-161. DOI: 10.1179/2042618611Y.0000000009.

49. Deshpande, N. Alternatives to DEXA for the assessment of bone density: a systematic review of the literature and future recommendations / N. Deshpande, M.S. Hadi, J.C. Lillard [et al.]. – 2023. – Vol. 38. – № 4. – P. 436-445. DOI: 10.3171/2022.11.SPINE2285.436.

50. Deyo, R.A. Trends, Major Medical Complications, and Charges Associated With Surgery for Lumbar Spinal Stenosis in Older Adults / R.A. Deyo, B.I. Martin, W. Kreuter [et al.]. *JAMA*. – 2010. – Vol. 303. – № 13. – P. 1259-1265. DOI: 10.1001/jama.2010.338.

51. Epping, R. The diagnostic accuracy and test-retest reliability of the Dutch PainDETECT and the DN4 screening tools for neuropathic pain in patients with suspected cervical or lumbar radiculopathy / R. Epping, A.P. Verhagen, E.A. Hoebink [et al.] // *Musculoskeletal Science and Practice*. – 2017. – Vol. 30. – P. 72-79. DOI: 10.1016/j.msksp.2017.05.010.

52. Farber, S.H. A comparison of modern-era anterior lumbar interbody fusion and minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion at the lumbosacral junction / S.H. Farber, R.K. Dugan, M.D. White [et al.] // *Journal of Neurosurgery: Spine*. – 2023. – Vol. 39. – P. 785-792. DOI: 10.3171/2023.5.SPINE221224.

53. Fishbain, D.A. What Is the Evidence that Neuropathic Pain Is Present in Chronic Low Back Pain and Soft Tissue Syndromes? An Evidence-Based Structured Review / D.A. Fishbain, B. Cole, J.E. Lewis [et al.] // *Pain Medicine*. – 2014. – Vol. 15. – № 1. – P. 4-15. DOI: 10.1111/pme.12229.

54. Freynhagen, R. painDETECT: a new screening questionnaire to identify neuropathic components in patients with back pain. / R. Freynhagen, R. Baron, U. Gockel [et al.] // *Current medical research and opinion*. – 2006. – Vol. 22. – № 10. – P. 1911-20. DOI: 10.1185/030079906X132488.

55. Gadjradj, P.S. Decompression alone versus decompression with fusion in patients with lumbar spinal stenosis with degenerative spondylolisthesis: a systematic review and meta-analysis / P.S. Gadjradj, M. Basilious, J.L. Goldberg [и др.] // *European Spine Journal*. – 2023. – Vol. 32. – № 3. – P. 1054-1067. DOI: 10.1007/s00586-022-07507-1.

56. Gao, Y. Evaluation of lumbar paraspinal muscles degeneration and fatty infiltration in dynamic sagittal imbalance based on magnetic resonance imaging / Y. Gao, H. Jiang, R. Gao [et al.] // *European Spine Journal*. – 2024. – Vol. 33. – P. 1840-1849. DOI: 10.1007/s00586-023-08033-4.

57. Gille, O. A new classification system for degenerative spondylolisthesis of the lumbar spine / O. Gille, H. Bouloussa, S. Mazas [et al.] // *European Spine Journal*. – 2017. – Vol. 26. – № 12. – P. 3096-3105. DOI: 10.1007/s00586-017-5275-4.

58. Hasegawa, K. Cone of Economy with the Chain of Balance-Historical Perspective and Proof of Concept / K. Hasegawa, J.F. Dubousset // *Spine surgery and related research*. – 2022. – Vol. 6. – № 4. – P. 337-349. DOI: 10.22603/SSRR.2022-0038.

59. Hasegawa, K. Cone of Economy with the Chain of Balance—Historical Perspective and Proof of Concept / K. Hasegawa, J.F. Dubousset // *Spine Surgery and Related Research*. – 2022. – Vol. 6. – № 4. – P. 337-349. DOI: 10.22603/ssrr.2022-0038.

60. Hecke, O. van. Neuropathic pain in the general population: A systematic review of epidemiological studies / O. van Hecke, S.K. Austin, R.A. Khan [et al.] // *Pain*. – 2014. – Vol. 155. – № 4. – P. 654-662. DOI: 10.1016/j.pain.2013.11.013.

61. Hennemann, S. Degenerative Lumbar Spinal Stenosis / S. Hennemann, M.R. De Abreu // *Revista brasileira de ortopedia*. – 2021. – Vol. 56. – № 1. – P. 9-17. DOI: 10.1055/s-0040-1712490.

62. Hlaing, S.S. Effects of core stabilization exercise and strengthening exercise on proprioception, balance, muscle thickness and pain related outcomes in patients with subacute nonspecific low back pain: a randomized controlled trial /

S.S. Hlaing, R. Puntumetakul, E.E. Khine [et al.] // BMC Musculoskeletal Disorders. – 2021. – Vol. 22. – № 1. – P. 1-13. DOI: 10.1186/s12891-021-04858-6.

63. Holc, F. Independent inter and intra-observer agreement of the Schizas's classification of degenerative lumbar stenosis: Comparison among three levels of surgical training / F. Holc, A. Albani-Forneris, G. Kido [et al.] // Revista espanola de cirugia ortopedica y traumatologia. – 2023. – Vol. 67. – № 3. – T175-T180. DOI: 10.1016/J.RECOT.2023.02.011.

64. Huec Le, J. Evidence showing the relationship between sagittal balance and clinical outcomes in surgical treatment of degenerative spinal diseases: a literature review. / J. Le Huec, A. Faundez, D. Dominguez [et al.] // Int Orthop. – 2015. – Vol. 39. – № 1. – P. 87-95. DOI: 10.1007/s00264-014-2516-6.

65. Huec Le, J.C. Thoracolumbar imbalance analysis for osteotomy planification using a new method: FBI technique. / J.C. Le Huec, P. Leijssen, M. Duarte [et al.] // European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society. – 2011. – Vol. 20 Suppl 5. – P. 669-680. DOI: 10.1007/s00586-011-1935-y.

66. Huec Le, J.C.. Sagittal balance of the spine / J.C. Le Huec, W. Thompson, Y. Mohsinaly [et al.] // European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society. – 2019. – Vol. 28. – № 9. – P. 1889-1905. DOI: 10.1007/S00586-019-06083-1.

67. Hung, S.-F. Comparison of outcomes between indirect decompression of oblique lumbar interbody fusion and MIS-TLIF in one single-level lumbar spondylosis. / S.-F. Hung, J.-C. Liao, T.-T. Tsai [et al.] // Scientific reports. – 2021. – Vol. 11. – № 1. – P. 12783. DOI: 10.1038/s41598-021-92330-9.

68. Jensen, R.K. Prevalence of lumbar spinal stenosis in general and clinical populations: a systematic review and meta-analysis / R.K. Jensen, T.S. Jensen, B. Koes [et al.] // European Spine Journal. – 2020. – Vol. 29. – № 9. – P. 2143-2163. DOI: 10.1007/s00586-020-06339-1.

69. Jeor, J.D. St. Average Lumbar Hounsfield Units Predicts Osteoporosis-Related Complications Following Lumbar Spine Fusion / J.D. St. Jeor, T.J. Jackson, A.E. Xiong [et al.] // Global spine journal. – 2022. – Vol. 12. – № 5. – P. 851-857. DOI: 10.1177/2192568220975365.
70. Jun, H.S. The Effect of Lumbar Spinal Muscle on Spinal Sagittal Alignment: Evaluating Muscle Quantity and Quality / H.S. Jun, J.H. Kim, J.H. Ahn [et al.] // Neurosurgery. – 2016. – Vol. 79. – P. 847-855. DOI: 10.1227/NEU.0000000000001269.
71. Jun, H.S. The Effect of Lumbar Spinal Muscle on Spinal Sagittal Alignment: Evaluating Muscle Quantity and Quality / H.S. Jun, J.H. Kim, J.H. Ahn [et al.] // Neurosurgery. – 2016. – Vol. 79. – № 6. – P. 847-855. DOI: 10.1227/NEU.0000000000001269,.
72. Khalifeh, J.M. Decompression of Lumbar Central Spinal Canal Stenosis Following Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion / J.M. Khalifeh, L.W. Massie, C.F. Dibble [et al.]. Clin Spine Surg. – 2021. – Vol. 34. – № 8. – P. E439-E449. DOI: 10.1097/BSD.0000000000001192..
73. Kim, M. What is the early fate of adjacent segmental lordosis compensation at L3-4 and L5-S1 following a lateral versus transforaminal lumbar Interbody Fusion at L4-5? / M. Kim, R. Kumar, C.E. Drolet [et al.] // European Spine Journal. – 2024. – Vol. 33. – № 9. – 3503-3508. DOI: 10.1007/s00586-024-08384-6.
74. Kirkaldy-Willis W.H. Pathology and pathogenesis of lumbar spondylosis and stenosis /W.H. Kirkaldy-Willis, J.H. Wedge, K. Yong-Hing, J. Reilly //Spine. – 1978. – Vol. 3. – P. 319–328.
75. Ko, Y.J. Clinical validity of two different grading systems for lumbar central canal stenosis: Schizas and Lee classification systems / Y.J. Ko, E. Lee, J. Woo Lee [et al.] // PLoS One. – 2020. – Vol. 15. – № 5. – e0233633. DOI: 10.1371/JOURNAL.PONE.0233633.
76. Kobayashi, H. Orthopaedic Surgery Global sagittal spinal alignment in patients with degenerative low-grade lumbar spondylolisthesis / H. Kobayashi, K.

Endo, Y. Sawaji [et al.]. – 2019. – Vol. 27. – № 3. – P. 1-6. DOI: 10.1177/2309499019885190.

77. Kunadt, M. One-level open vs. minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: a systematic review and advanced meta-analytic assessment of prospective studies with at least two years follow-up / M. Kunadt, L. Barleben, K. Büttner-Janz // *European Spine Journal*. – 2022. – Vol. 31. – № 10. – P. 2557-2571. DOI: 10.1007/s00586-022-07223-w.

78. Lafage, V. Pelvic Tilt and Truncal Inclination Two Key Radiographic Parameters in the Setting of Adults With Spinal Deformity. / V. Lafage, F. Schwab, A. Patel [et al.]. – *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2009. – Vol. 34. – № 17. – P. E599-606. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181aad219.

79. Lazennec, J.-Y. Sagittal alignment in lumbosacral fusion: relations between radiological parameters and pain / J.-Y. Lazennec, S. Ramaré, N. Arafati // *Eur Spine J*. – 2000. – Vol. 9. – P. 47-55. DOI: 10.1007/s005860050008.

80. Lechtholz-Zey, E.A. Changes in Segmental and Lumbar Lordosis Following Lumbar Interbody Fusion A Systematic Review and Meta-Analysis / E.A. Lechtholz-Zey, M. Ayad, B.S. Gettleman [и др.] // *Clinical Spine Surgery*. – . 2025. – Vol. 38. – № 6. – P. 294-303. DOI: 10.1097/BSD.0000000000001728.

81. Legaye, J. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. / J. Legaye, G. Duval-Beaupère, J. Hecquet [et al.]. – 1998. – Vol. 7. – P. 99-103. DOI: 10.1007/s005860050038.

82. Leonova, O.N. MIS-TLIF versus O-TLIF for single-level degenerative stenosis: Study protocol for randomised controlled trial. // *BMJ Open*. – 2021. – Vol. 11. – № 3. – P. e041134. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-041134.

83. Li, F. Distinct fusion intersegmental parameters regarding local sagittal balance provide similar clinical outcomes: A comparative study of minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion / F. Li, C. Li, X. Xi [et al.] // *BMC Surgery*. – 2020. – Vol. 20. – № 1. – P. 97. DOI: 10.1186/s12893-020-00765-0.

84. Li, R. Comparison of clinical outcomes and spino-pelvic sagittal balance in degenerative lumbar spondylolisthesis: Minimally invasive oblique lumbar interbody fusion (OLIF) versus transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF) / R. Li, X. Shao, X. Li [et al.] // *Medicine (United States)*. – 2021. – Vol. 100. – № 3. – P. E23783. DOI: 10.1097/MD.00000000000023783.

85. Lin, G.X. Comparing Outcomes of Banana-Shaped and Straight Cages in Transforaminal Lumbar Interbody Fusion for Lumbar Degenerative Diseases: A Systematic Review and Meta-Analysis / G.X. Lin, L.R. He, J.N. Nan [et al.] // *Neurospine*. – 2024. – Vol. 21. – № 1. – P. 261-272. DOI: 10.14245/ns.2347078.539.

86. Liu, D. Meta-analysis of minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion versus oblique lumbar interbody fusion for treating lumbar degenerative diseases. / D. Liu, X. Huang, C. Zhang [et al.] // *Journal of orthopaedic surgery and research*. – 2024. – Vol. 19. – № 1. – P. 891. DOI: 10.1186/s13018-024-05422-3.

87. Loubeyre, J. Surgical treatment of degenerative lumbar spondylolisthesis: Effect of TLIF and slip reduction on sagittal alignment / J. Loubeyre, E. Ferrero, M.M. Jmal [et al.] // *Orthopaedics and Traumatology: Surgery and Research*. – 2023. – Vol. 109. – № 6. – P. 103541 DOI: 10.1016/j.otsr.2022.103541.

88. Martin, C.T. Radiographic Factors Affecting Lordosis Correction After Transforaminal Lumbar Interbody Fusion With Unilateral Facetectomy. / C. T. Martin, S. Niu, E. Whicker [et al.] // *International journal of spine surgery*. – 2020. – Vol. 14. – № 5. – P. 681-686. DOI: 10.14444/7099.

89. Martin, C.T. The Deformity TLIF: Bilateral Facetectomy and Osteotomy Closure with a Hinged Table. / C.T. Martin, K.E. Jones, D.W. Polly // *The Iowa orthopaedic journal*. – 2019. – Vol. 39. – № 1. – P. 81-84.

90. Miller, L.E. Minimally Invasive Versus Open Transforaminal Lumbar Interbody Fusion for Single-Level Degenerative Disease: A Systematic Review and

Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *World Neurosurg.* 2020. – Vol. 133. – P. 358-365.e4. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.08.162.

91. O'Connor, B. Early Compensatory Segmental Angle Changes at L3-L4 and L4-L5 after a L5-S1 Interbody Fusion for a Grade 1 Spondylolisthesis / B. O'Connor, A. Bansal, J.C. Leveque [et al.] // *Spine.* – 2024. – Vol. 49. – № 12. – P. 865-872. DOI: 10.1097/BRS.0000000000004845.

92. Oikonomidis, S. Impact of lordotic cages in the restoration of spinopelvic parameters after dorsal lumbar interbody fusion: a retrospective case control study / S. Oikonomidis, V. Heck, S. Bantle [et al.]. *Int Orthop.* – 2020. – Vol 44. – № 12. – P. 2665-2672. DOI: 10.1007/s00264-020-04719-2

93. Park, S.Y. Neuropathic Pain Components in Patients with Lumbar Spinal Stenosis / S.Y. Park, H.S. An, S.H. Moon [et al.] // *Yonsei medical journal.* – 2015. – Vol. 56. – № 4. – P. 1044-1050. DOI: 10.3349/YMJ.2015.56.4.1044.

94. Parker, S.L. Incidence of Low Back Pain After Lumbar Discectomy for Herniated Disc and Its Effect on Patient-reported Outcomes / S.L. Parker, S.K. Mendenhall, S.S. Godil [et al.] // *Clinical Orthopaedics and Related Research.* – 2015. – Vol. 473. – № 6. – P. 1988-1999. DOI: 10.1007/s11999-015-4193-1.

95. Pazarlis, K. Lumbar Spinal Stenosis with Degenerative Spondylolisthesis Treated with Decompression Alone. A Cohort of 346 Patients at a Large Spine Unit. Clinical Outcome, Complications and Subsequent Surgery / K. Pazarlis, A. Frost, P. Försth // *Spine.* – 2022. – Vol. 47. – № 6. – P. 470-475. DOI: 10.1097/BRS.0000000000004291.

96. Pickhardt, P.J. Opportunistic Screening for Osteoporosis Using Abdominal Computed Tomography Scans Obtained for Other Indications / P.J. Pickhardt, B.D. Pooler, T. Lauder [et al.] // *Annals of Internal Medicine.* – 2013. – Vol. 158. – № 8. – P. 588. DOI: 10.7326/0003-4819-158-8-201304160-00003.

97. Qin, R. Minimally invasive versus traditional open transforaminal lumbar interbody fusion for the treatment of low - grade degenerative spondylolisthesis : a retrospective study / R. Qin, T. Wu, H. Liu [et al.] // *Scientific*

Reports. – 2020. – Vol. 14. – № 10. – P. 21851. DOI: 10.1038/s41598-020-78984-x.

98. Rangwalla, K. Degenerative lumbar spondylolisthesis: review of current classifications and proposal of a novel classification system / K. Rangwalla, A. Filley, A. El Naga [et al.] // *European Spine Journal*. – 2024. – Vol. 33. – № 5. – P. 1762-1772. DOI: 10.1007/s00586-023-07818-x.

99. Scholz, J. Classification Committee of the Neuropathic Pain Special Interest Group (NeuPSIG). The IASP classification of chronic pain for ICD-11: chronic neuropathic pain. / J. Scholz, N.B. Finnerup, N. Attal et al. // *Pain*. – 2019. – Vol. 160. – № 1. – P. 53-59. DOI: 10.1097/j.pain.0000000000001365.The.

100. Schwab, F. The comprehensive anatomical spinal osteotomy classification / F. Schwab, B. Blondel, E. Chay [et al.] // *Neurosurgery*. – 2014. – Vol. 74. – № 1. – P. 112-120. DOI: 10.1227/NEU.0000000000000182o.

101. Sebaaly, A. Transforaminal lumbar interbody fusion using banana-shaped and straight cages: meta-analysis of clinical and radiological outcomes. / A. Sebaaly, G. Kreichati, J. Tarchichi [et al.]. // *Eur Spine J*. – 2023. – Vol. 32. – № 9. – P. 3158-3166. DOI: 10.1007/s00586-023-07797-z.

102. Seyedhoseinpoor, T. Alteration of lumbar muscle morphology and composition in relation to low back pain: a systematic review and meta-analysis / T. Seyedhoseinpoor, M. Taghipour, M. Dadgoo [et al.] // *Spine Journal*. – 2022. – Vol. 22. – № 4. – P. 660-676. DOI: 10.1016/j.spinee.2021.10.018.

103. Strömqvist, B. Swespine: the Swedish spine register / B. Strömqvist, P. Fritzell, O. Hägg [et al.] // *European Spine Journal*. – 2013. – Vol. 22. – № 4. – P. 953-974. DOI: 10.1007/s00586-013-2758-9.

104. Tani, Y. Lumbar lordosis restoration by minimally invasive short-segment fusion with anterior column realignment for adult spinal deformity: minimum 2-year follow-up / Y. Tani, N. Naka, N. Ono [et al.] // *Journal of Neurosurgery: Spine*. – 2024. – Vol. 40. – № 2. – P. 152-161. DOI: 10.3171/2023.9.SPINE23829.

105. Terran, J. The SRS-schwab adult spinal deformity classification: Assessment and clinical correlations based on a prospective operative and nonoperative cohort / J. Terran, F. Schwab, C.I. Shaffrey [et al.] // *Neurosurgery*. – 2013. – Vol. 73. – № 4. – P. 559-568. DOI: 10.1227/NEU.0000000000000012.

106. Tian, H. Adequate Restoration of Disc Height and Segmental Lordosis by Lumbar Interbody Fusion Decreases Adjacent Segment Degeneration / H. Tian, A. Wu, M. Guo [et al.] // *World Neurosurgery*. – 2018. – Vol. 118. – P. e856-e864. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.07.075.

107. Vleggeert-Lankamp, C.L. Failed back (surgery) syndrome: time for a paradigm shift / C.L. Vleggeert-Lankamp, M.P. Arts, W.C. Jacobs [et al.] // *British Journal of Pain*. – 2013. – Vol. 7. – № 1. – P. 48-55. DOI: 10.1177/2049463713479095.

108. Wang, D. Radiographic and surgery-related predictive factors for increased segmental lumbar lordosis following lumbar fusion surgery in patients with degenerative lumbar spondylolisthesis / D. Wang, X. Chen, D. Han [et al.] // *European Spine Journal*. – 2024. – Vol. 33. – № 7. – P. 2813-2823. DOI: 10.1007/s00586-024-08248-z.

109. Wang, Z. Fatty Infiltration in Paraspinal Muscles: Predicting the Outcome of Lumbar Surgery and Postoperative Complications / Z. Wang, Z. Zhao, Z. Li [и др.] // *World Neurosurgery*. – 2024. – Vol. 190. – P. 218-227. DOI: 10.1016/j.wneu.2024.07.074.

110. Weinstein, J.N. Surgical versus Nonsurgical Treatment for Lumbar Degenerative Spondylolisthesis / J.N. Weinstein, J.D. Lurie, T.D. Tosteson [et al.] // *New England Journal of Medicine*. – 2007. – Vol. 356. – № 22. – P. 2257-2270. DOI: 10.1056/nejmoa070302.

111. Weinstein, J.N. Surgical versus nonoperative treatment for lumbar spinal stenosis four-year results of the spine patient outcomes research trial / J.N. Weinstein, T.D. Tosteson, J.D. Lurie [et al.] // *Spine*. – 2010. – Vol. 35. – № 14. – P. 1329-1338. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181e0f04d.

112. Wong, C. Using Electric Stimulation of the Spinal Muscles and Electromyography during Motor Tasks for Evaluation of the Role in Development and Progression of Adolescent Idiopathic Scoliosis / C. Wong, H. Shayestehpour, C. Koutras [et al.] // Journal of Clinical Medicine. – 2024. – Vol. 13. – № 6. – P. 1758. DOI: 10.3390/jcm13061758.

113. Xie, H. Radiographic Analysis of Pedicle Screw Retractor-Assisted Transforaminal Lumbar Interbody Fusion for Single-Segment Spondylolisthesis in Adults: A Retrospective Study and Technical Note / H. Xie, Z. Ouyang, H. Zhang // Orthopaedic Surgery. – 2022. – Vol. 14. – № 9. – P. 2219-2229. DOI: 10.1111/os.13441.

114. Yingsakmongkol, W. Clinical and Radiographic Comparisons among Minimally Invasive Lumbar Interbody Fusion: A Comparison with Three-Way Matching / W. Yingsakmongkol, K. Jitpakdee, P. Varakornpipat [et al.] // Asian Spine Journal. – 2022. – Vol. 16. – № 5. – P. 712-722. DOI: 10.31616/asj.2021.0264.

115. Zhu, L. Comparison of Minimally Invasive Transforaminal and Anterolateral Lumbar Interbody Fusion for Treatment of Low-grade Lumbar Spondylolisthesis / L. Zhu, P. Wang, L. Zhang [et al.]. // Clin Spine Surg. – 2022. – Vol. 35. – № 2. – P. E285-E291. DOI: 10.1097/BSD.0000000000001256.

116. Zhu, W. Symptomatic Sagittal Imbalance and Severe Degeneration of Paraspinal Muscle Predispose Suboptimal Outcomes After Lumbar Short Fusion Surgery for Degenerative Lumbar Spinal Stenosis / W. Zhu, K. Sun, X. Li [et al.] // World Neurosurgery. – 2022. – Vol. 164. – P. e741-e748. DOI: 10.1016/j.wneu.2022.05.044.

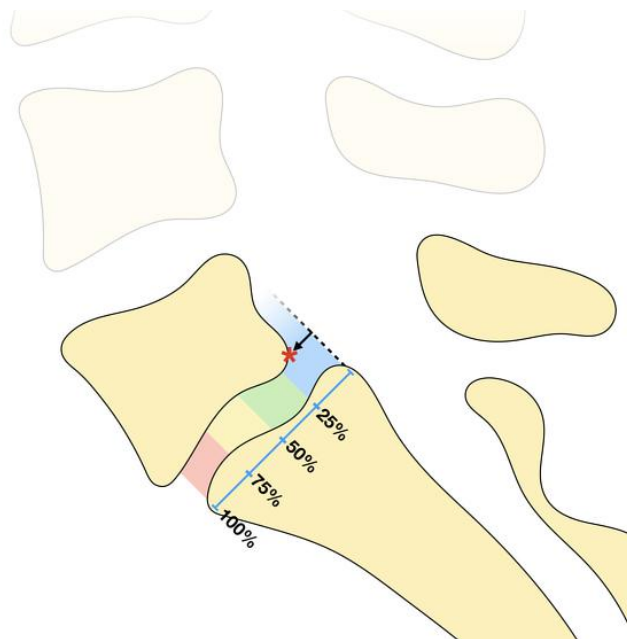
117. Zou, D. The use of CT Hounsfield unit values to identify the undiagnosed spinal osteoporosis in patients with lumbar degenerative diseases / D. Zou, W. Li, C. Deng [et al.] // European spine journal. – 2019. – Vol. 28. – № 8. – P. 1758-1766. DOI: 10.1007/S00586-018-5776-9.

118. Zou, D. Use of Hounsfield units of S1 body to diagnose osteoporosis in patients with lumbar degenerative diseases / D. Zou, W. Li, F. Xu [et al.] //

Neurosurgical Focus. – 2019. – Vol. 46. – № 5. – P. E6. DOI: 10.3171/2019.2.FOCUS18614.

119. Zou, D. Hounsfield units value is a better predictor of pedicle screw loosening than the T-score of DXA in patients with lumbar degenerative diseases / D. Zou, Z. Sun, S. Zhou [et al.] // European Spine Journal. – 2020. – Vol. 29. – № 5. – P. 1105-1111. DOI: 10.1007/s00586-020-06386-8.

Приложение А
Классификация спондилолистеза по Myerding
(справочное)



Приложение Б

Классификация деформаций позвоночника Schwab-SRS (справочное)

Coronal Curve Types

T: Thoracic only
with lumbar curve $< 30^\circ$

L: TL / Lumbar only
with thoracic curve $< 30^\circ$

D: Double Curve
with T and TL/L curves $> 30^\circ$

N: No Major Coronal Deformity
all coronal curves $< 30^\circ$

Sagittal Modifiers

PI minus LL

0 : within 10°
+ : moderate $10-20^\circ$
++ : marked $> 20^\circ$

Global Alignment

0 : SVA $< 4\text{cm}$
+ : SVA 4 to 9.5cm
++ : SVA $> 9.5\text{cm}$

Pelvic Tilt

0 : PT $< 20^\circ$
+ : PT $20-30^\circ$
++ : PT $> 30^\circ$

Приложение В

Классификация спондилолистеза по O. Gille (справочное)

Классификация O. Gille



(2017)

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

Приложение Г

Классификация дегенеративного стеноза позвоночного канала по Shizas (справочное)

	A1	
	A2	
	A3	
	A4	
	B	
	C	
	D	

Приложение Д

Индекс недееспособности Oswestry (справочное)

Опросник Освестри 2.1a

ФИО _____

Год рождения _____

дата заполнения _____

Инструкция. Пожалуйста, заполните эту анкету. Она предназначена для того, чтобы мы могли понять, каким образом Ваши проблемы со спиной (или ногой) нарушают способность выполнять обычные в жизни действия. Пожалуйста, в каждом разделе отметьте только один квадрат, который соответствует утверждению, наиболее близкому Вашему состоянию сегодня.

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.

Результат: _____ × 100 = _____ %.

Подсчет результата: каждому разделу может соответствовать от 0 до 5 баллов; если отмечено первое утверждение, то раздел оценивается в 0 баллов, если отмечено последнее утверждение, то в 5 баллов.

Если заполнены все 10 разделов, то общий результат подсчитывается в соответствии со следующим примером:

$$\frac{16 \text{ (сумма баллов)}}{50 \text{ (максимально возможная сумма баллов)}} \times 100 = 32,0 \%$$

Если один раздел пропущен, или непригоден для оценки:

$$\frac{16 \text{ (сумма баллов)}}{45 \text{ (максимально возможная сумма баллов)}} \times 100 = 35,5 \%$$

Приложение Ж

Оценка изменения состояния здоровья пациента до и после операции.

HTI SF-36 (Short Form - 36) (справочное)

Как бы Вы в целом оценили свое здоровье сейчас? *

- ☐ Значительно лучше, чем перед операцией
- ☐ Несколько лучше, чем перед операцией
- ☐ Примерно так же, как перед операцией
- ☐ Несколько хуже, чем перед операцией
- ☐ Гораздо хуже, чем перед операцией

Приложение И

Оценка состояния пациента врачом CGIC (Clinical Global Impression of Change) (справочное)

Оценка состояния пациента врачом CGIC

Как бы Вы в целом оценили здоровье пациента **сейчас**?

- Значительно лучше, чем было исходно 1
- Несколько лучше, чем было исходно 2
- Примерно так же, как было исходно 3
- Несколько хуже, чем было исходно 4
- Гораздо хуже, чем было исходно 5

Приложение К

Шкала нейропатической боли DN4 (Douleur Neuropathique) (справочное)

Опросник DN4

СОБЕСЕДОВАНИЕ С ПАЦИЕНТОМ

Соответствует ли боль, которую испытывает пациент, одному или нескольким из следующих определений?

1.	Ощущение жжения	Да	Нет
2.	Болезненное ощущение холода	Да	Нет
3.	Ощущение как от удара током	Да	Нет

Сопровождается ли боль одним или несколькими из следующих симптомов в области ее локализации?

4.	Пощипыванием, ощущением ползания мурашек	Да	Нет
5.	Покалыванием	Да	Нет
6.	Онемением	Да	Нет
7.	Зудом	Да	Нет

ОСМОТР ПАЦИЕНТА

Локализована ли боль в той же области, где осмотр выявляет один или оба следующих симптома:

8.	Пониженная чувствительность к прикосновению	Да	Нет
9.	Пониженная чувствительность к покалыванию	Да	Нет

Можно ли вызвать или усилить боль в области ее локализации:

10.	Проведя в этой области кисточкой	Да	Нет
-----	----------------------------------	----	-----

Сумма баллов (количество ответов «Да»): _____

Если сумма составляет 4 и более баллов, это указывает на то, что боль у пациента является нейропатической, или имеется нейропатический компонент боли (при смешанных ноцицептивно-нейропатических болевых синдромах).

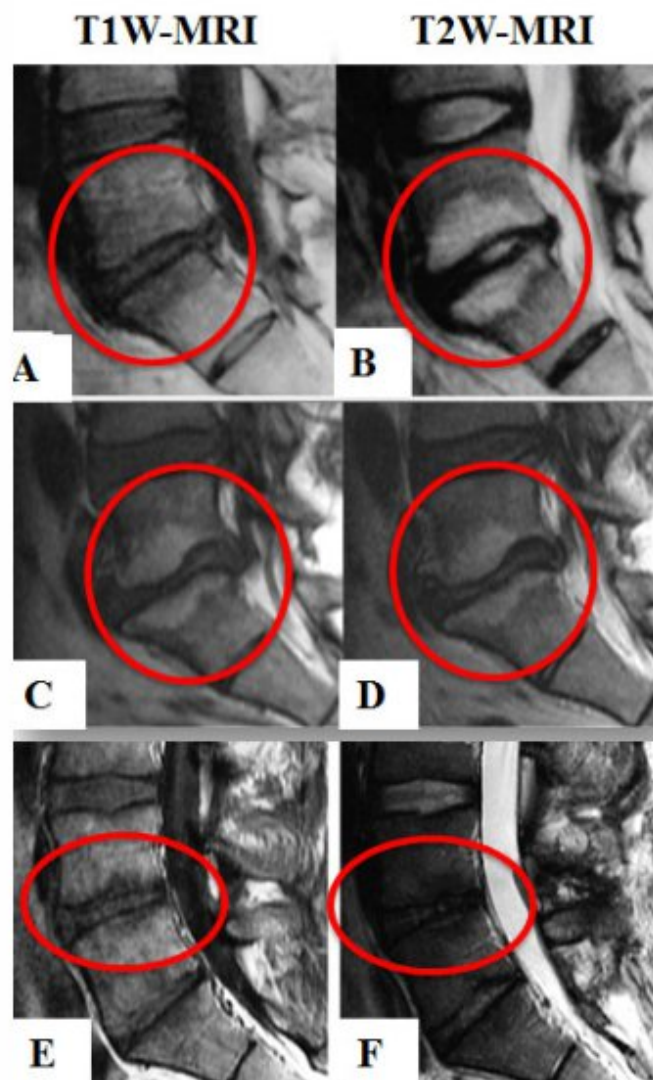
Приложение Л

Соответствие дегенеративных изменений межпозвонковых дисков по Pfirrmann (справочное)

Стадия	Структура диска	Интенсивность сигнала	Граница фиброзного кольца и пульпозного ядра	Высота диска
I	Гомогенная	Гиперинтенсивный (белый)	Четкая граница	Нормальная
II	Негомогенная	Гиперинтенсивный (белый)	Четкая граница	Нормальная
III	Негомогенная	Промежуточный (серый)	Нечеткая	Нормальная или слегка уменьшенная
IV	Негомогенная	Промежуточный (серый)	Граница отсутствует	Нормальная или уменьшенная
V	Негомогенная	Гипоинтенсивный (черный)	Граница отсутствует	Резко снижена

Приложение М**Изменения по типу Модик (Modic Changes) на сагиттальных срезах
поясничного отдела позвоночника (справочное)**

- Тип 1**
Гиперваскуляризация
фиброзной ткани
(воспаление / отек)
- Тип 2**
Жировая дегенерация
- Тип 3**
Субхондральный склероз



Приложение Н

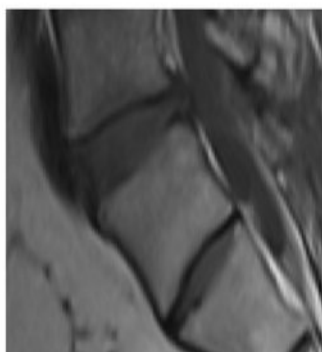
Система балльной оценки повреждения замыкательных пластинок поясничного отдела позвоночника (по Rajasekaran et al.) (справочное)

Score 1



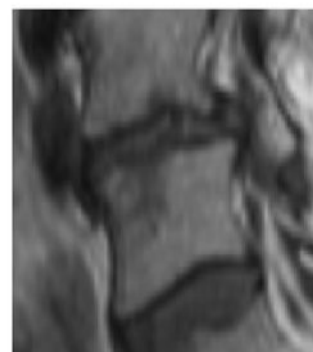
Отсутствие дефектов ЗП
Однородный
гипоинтенсивный сигнал
Контур дуги
симметричный
Отсутствие изменений
Modic

Score 2



Очаговое истончение
ЗП без перелома
Отсутствие изменений
Modic

Score 3



Очаговые контакты
межпозвонкового диска и
костного мозга
Контур ЗП сохранен
Отсутствие изменений
Modic

Score 4



Дефект до 25 % ширины
ЗП
Часто имеется снижение
высоты
Часто есть изменения
Modic

Score 5



Дефект до 50 % ширины
ЗП
Часто имеется снижение
высоты
Часто есть изменения
Modic

Score 6



Полное повреждение
ЗП
Прерывистость и
склероз ЗП
Часто есть изменения
Modic

Приложение II

Госпитальная шкала тревоги и депрессии (Hospital Anxiety and Depression Scale, HADS) (справочное)

Госпитальная Шкала Тревоги и Депрессии (HADS)

Каждому утверждению соответствуют 4 варианта ответа.

Выберите тот из ответов, который соответствует Вашему состоянию, а затем просуммируйте баллы в каждой части.

Часть I (оценка уровня ТРЕВОГИ)

1. Я испытываю напряжение, мне не по себе
3 - все время
2 - часто
1 - время от времени, иногда
0 - совсем не испытываю
2. Я испытываю страх, кажется, что что-то ужасное может вот-вот случиться
3 - определенно это так, и страх очень велик
2 - да, это так, но страх не очень велик
1 - иногда, но это меня не беспокоит
0 - совсем не испытываю
3. Беспокойные мысли крутятся у меня в голове
3 - постоянно
2 - большую часть времени
1 - время от времени и не так часто
0 - только иногда
4. Я легко могу присесть и расслабиться
0 - определенно, это так
1 - наверно, это так
2 - лишь изредка, это так
3 - совсем не могу
5. Я испытываю внутреннее напряжение или дрожь
0 - совсем не испытываю
1 - иногда
2 - часто
3 - очень часто
6. Я испытываю неуверенность, мне постоянно нужно двигаться
3 - определенно, это так
2 - наверно, это так
1 - лишь в некоторой степени, это так
0 - совсем не испытываю
7. У меня бывает внезапное чувство паники
3 - очень часто
2 - довольно часто
1 - не так уж часто
0 - совсем не бывает

Количество баллов здесь _____

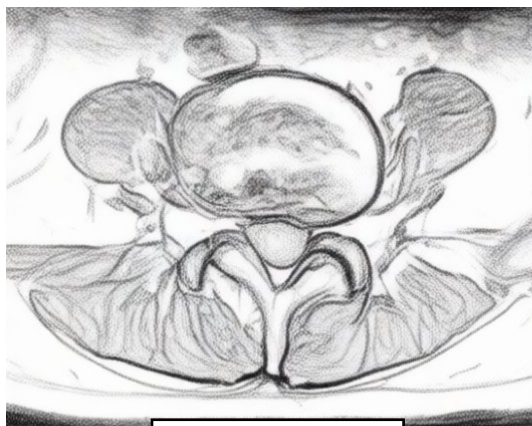
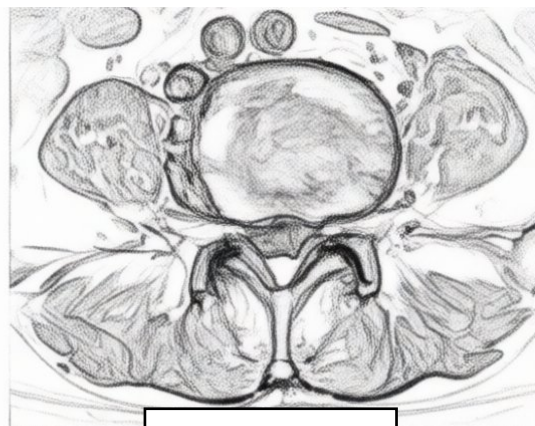
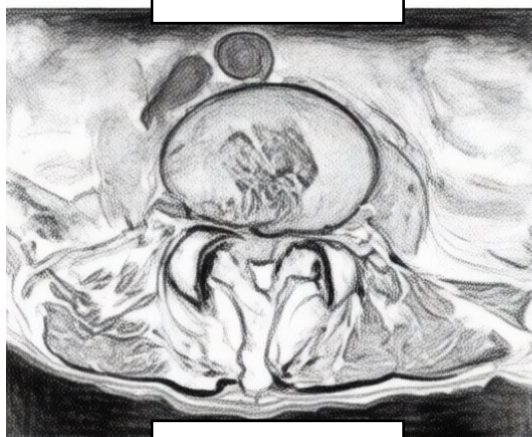
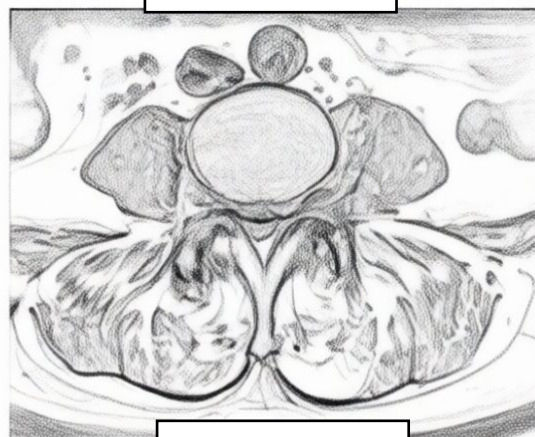
Часть II (оценка уровня ДЕПРЕССИИ)

1. То, что приносило мне большое удовольствие, и сейчас вызывает у меня такое же чувство
0 - определенно, это так
1 - наверно, это так
2 - лишь в очень малой степени, это так
3 - это совсем не так
2. Я способен рассмеяться и увидеть в том или ином событии смешное
0 - определенно, это так
1 - наверно, это так
2 - лишь в очень малой степени, это так
3 - совсем не способен
3. Я испытываю бодрость
3 - совсем не испытываю
2 - очень редко
1 - иногда
0 - практически все время
4. Мне кажется, что я стал все делать очень медленно
3 - практически все время
2 - часто
1 - иногда
0 - совсем нет
5. Я не слежу за своей внешностью
3 - определенно, это так
2 - я не уделяю этому столько времени, сколько нужно
1 - может быть, я стал меньше уделять этому времени
0 - я слежу за собой так же, как и раньше
6. Я считаю, что мои дела (занятия, увлечения) могут принести мне чувство удовлетворения
0 - точно так же, как и обычно
1 - да, но не в той степени, как раньше
2 - значительно меньше, чем обычно
3 - совсем так не считаю
7. Я могу получить удовольствие от хорошей книги, радио- или телепрограммы
0 - часто
1 - иногда
2 - редко
3 - очень редко

Количество баллов здесь _____

- 0-7 баллов → «норма» (отсутствие достоверно выраженных симптомов тревоги и депрессии)
8-10 баллов → «субклинически выраженная тревога / депрессия»
11 баллов и выше → «клинически выраженная тревога / депрессия»

Например: по шкале тревоги (слева) получилось 11 баллов, по шкале депрессии (справа) — 3 балла. Можно сделать вывод, что имеет место клинически выраженная тревога, а уровень депрессии находится в пределах нормы.
Или: по шкале тревоги получилось 10 баллов, по шкале депрессии — 9 баллов. Можно сделать вывод о том, что имеет место клинически выраженная тревога и субклинически выраженная депрессия.
Или: по шкале тревоги получилось 6 баллов, по шкале депрессии — 1 балл. Можно сделать вывод о том, что уровни тревоги, и депрессии находятся в пределах нормы.

Приложение Р**Классификация степени жировой дегенерации мышц Goutallier
(справочное)****Степень 1****Степень 3****Степень 3****Степень 4**