

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИКО-ХИРУРГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
ИМЕНИ Н.И. ПИРОГОВА  
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*На правах рукописи*

Кинзягулов Булат Рустемович

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С ИСТМИЧЕСКИМ  
СПОНДИЛОЛИСТЕЗОМ НИЗКОЙ СТЕПЕНИ

3.1.10. Нейрохирургия

Диссертация

на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, доцент Зуев Андрей Александрович

Москва - 2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
ГЛАВА 1 ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ИСТМИЧЕСКИХ СПОНДИЛОЛИСТЕЗОВ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ) .....	10
1.1 Актуальность проблемы .....	10
1.2 Эпидемиология .....	11
1.3 Этиология .....	12
1.4 Классификация .....	13
1.5 Факторы прогрессирования истмического спондилолистеза .....	17
1.6 Клиника .....	18
1.7 Диагностика .....	19
1.8 Лечение .....	23
1.9 Резюме к главе 1 .....	29
ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ .....	31
2.1 Общая характеристика клинических наблюдений .....	31
2.2 Методы исследования .....	32
2.2.1 Клиническое обследование .....	32
2.2.2 Лучевая диагностика .....	33
2.3 Методика оперативного вмешательства .....	38
2.4 Характеристика этапов исследования .....	41
2.4.1 Изучение особенностей сагиттального баланса .....	41
2.4.2 Анализ факторов, влияющих на формирование костного блока .....	41
2.4.3 Оценка функционального исхода .....	44
2.5 Статистическая обработка данных .....	45
ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	47
3.1 Особенности сагиттального профиля у пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени до и после хирургического лечения.....	47
3.2 Факторы, влияющие на формирование костного блока .....	52
3.3 Факторы, влияющие на функциональный исход .....	62

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	71
ВЫВОДЫ .....	81
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ .....	83
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ .....	84
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	85
Приложение А Визуально-аналоговая шкала (ВАШ) .....	104
Приложение Б Опросник Освестри (русифицированный) .....	105
Приложение В Интерпретация модифицированной шкалы исходов оперативного лечения Макнаб (Macnab I., 1971) .....	108

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность и степень разработанности темы

Согласно данным Kalichman L. и соавт., причиной боли в поясничной области у 8,2% пациентов является истмический спондилолистез. Под этим термином понимают патологический процесс, при котором происходит смещение одного позвонка по отношению к другому, вследствие спондилолиза – дефекта (одно- или двухстороннего) межсуставной части дуги позвонка [148, 181]. В соответствии с проведенным статистическим анализом истмический спондилолистез диагностируют у 3,7% людей в популяции [28].

Широкое применение различных радиологических методов исследования (рентгенография, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография) значительно упростили диагностику спондилолистеза. Данные исследования позволяют оценить практически весь спектр изменений, имеющих в позвоночнике. Однако с появлением тенденций в области изучения сагиттального баланса позвоночника в настоящий момент широко обсуждаемым в научной общественности является влияние различных заболеваний и состояний на параметры локального и глобального сагиттального баланса.

Степень разработанности темы

В настоящее время описано множество вариантов хирургического лечения истмических спондилолистезов. Большинство авторов к главным задачам хирургии при спондилолистезе относят восстановление стабильности позвоночника, устранение компрессии нервно-сосудистых образований позвоночного канала, коррекцию сагиттального дисбаланса, но сегодня отсутствуют единые пути для одномоментного решения всех вышеперечисленных проблем. Наиболее распространенными операциями при истмических спондилолистезах являются вмешательства с применением фиксирующих систем.

Несмотря на широкое использование фиксации, в литературе до сих пор нет

единого мнения относительно преимуществ данного типа лечения [19, 93, 99, 178]. Bridwell К.Н. и соавт. выступают за применение транспедикулярных фиксаторов – как за один из факторов, увеличивающих скорость формирования костного блока, а также говорят о лучших клинических исходах после проведения подобных оперативных вмешательств [41, 169, 175].

Однако данных о других факторах, способных повлиять на формирование костного блока и функциональные исходы после операций по поводу истмического спондилолистеза, в мировой литературе недостаточно. Сделав выбор в пользу фиксации и устранив важный патогенетический фактор – нестабильность, важно определить показания к применению различных техник редукции позвонка.

Вопрос редукции и его роль стали наиболее актуальными в последние годы, когда наметились тенденции к обязательной оценке сагиттального баланса при лечении заболеваний позвоночника. Важной составной частью глобального сагиттального баланса является позвоночно-тазовое соотношение. Некоторые авторы считают, что целью редукции позвонка является восстановление позвоночно-тазового соотношения. Это подтверждают несколько исследований, в которых авторы приходят к выводу, что редукция позвонка значительно улучшает параметры сагиттального баланса как в раннем послеоперационном периоде, так и при длительном наблюдении [68, 165].

Несмотря на всё вышесказанное, до сих пор вопрос необходимости и степени редукции остро стоит перед исследователями. Было опубликовано несколько работ, посвященных сравнению групп пациентов с редукцией смещенного позвонка и без, по результатам которых авторы приходили к выводу, что операции, проведенные с редукцией позвонка, не имеют преимуществ перед теми, когда фиксация проводилась без попытки уменьшения степени смещения позвонка [104, 157, 176].

Таким образом, определение важности редукции сместившегося позвонка, оценка необходимости учета параметров позвоночно-тазового соотношения в лечении пациентов с истмическим спондилолистезом, а также выделение главных факторов неблагоприятного клинико-рентгенологического исхода и отсутствие

единых подходов в мировой литературе по данным вопросам явились поводом для проведения данного исследования.

#### Цель исследования

Усовершенствовать тактику хирургического лечения пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени на основании оценки функциональных и рентгенологических исходов, а также особенностей параметров сагиттального профиля.

#### Задачи исследования

1. Оценить значение параметров сагиттального профиля у пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени.
2. Определить факторы, способные повлиять на формирование костного блока у пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени.
3. Оценить влияние редукции позвонка на изменения сагиттального профиля, формирование костного блока и на функциональные исходы у пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени.
4. Выявить факторы, влияющие на функциональный исход после операции у пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени.
5. На основании выявленных факторов неблагоприятного исхода разработать алгоритм персонифицированного подхода к тактике периоперационного ведения пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени.

#### Научная новизна

Проведено сравнение отдельных параметров сагиттального баланса у пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени и здоровым населением по данным разных авторов.

Оценены изменения параметров сагиттального профиля у пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени после трансфораминального межтелового спондилодеза с четырехвинтовой ригидной фиксацией и редукцией

смещенного позвонка.

Впервые выявлены факторы, влияющие на формирование костного блока у пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени через 12 месяцев после операции.

Определены факторы, влияющие на функциональный исход в отдаленном периоде после операции по поводу истмического спондилолистеза низкой степени.

Проанализировано влияние редукции позвонка на параметры сагиттального баланса, формирование костного блока, а также на функциональные исходы после операции.

#### Практическая значимость

На основании оценки результатов проведенной работы определена роль курения, ожирения, длительного приема нестероидных противовоспалительных средств, состояния паравертебральных мышц, исходного функционального статуса для клинико-рентгенологических исходов лечения.

Показано, что проведение редукции позвонка у пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени не влияет на формирование костного блока, функциональные исходы после операции, а также значимо не влияет на позвоночно-тазовое соотношение.

Исходя из определения факторов неблагоприятных исходов, предложены методы для уменьшения значимости некоторых из них.

В результате проведенной работы доказана эффективность хирургического лечения истмического спондилолистеза низкой степени.

#### Внедрение в практику

Результаты выполненного исследования используются в клинической практике отделения нейрохирургии ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России и в процессе преподавания курсантам послевузовского обучения на кафедре нейрохирургии ИУВ ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России.

### Личный вклад соискателя

Автор провел аналитический обзор русской и англоязычной литературы по проблемам истмического спондилолистеза, выполнил ретроспективный сбор материала, систематизировал клинические наблюдения, осуществил их анализ и интерпретировал полученные данные, после чего сформулировал и обосновал выводы и практические рекомендации, а также непосредственно участвовал в лечении большинства пациентов, рассматриваемых в данной диссертационной работе, и подготовке публикаций по результатам диссертации.

### Основные положения, выносимые на защиту

1. У пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени показатели глобального сагиттального профиля являются сбалансированными, а все отклонения не имеют значимых отличий от вариантов нормативных показателей.

2. Факторы, способные повлиять на формирование костного блока через 12 месяцев после хирургического лечения пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени: длительное употребление нестероидных противовоспалительных средств, курение, ожирение.

3. Факторы, влияющие на функциональные исходы после хирургического лечения пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени: ожирение, состояние паравертебральных мышц, исходный функциональный статус пациента.

### Апробация диссертации

Основные положения диссертации были представлены в виде устных докладов на XI съезде Российской Ассоциации хирургов-вертебрологов (Нижний Новгород, 2021), XXII Всероссийской конференции с международным участием «Поленовские чтения» (Санкт-Петербург, 2022), I Съезде травматологов-ортопедов Приволжского федерального округа (Нижний Новгород, 2022), Всероссийском нейрохирургическом форуме (Москва, 2022), Конференции нейрохирургов Приволжского федерального округа (Чебоксары, 2022), Третьем Сибирском Нейрохирургическом Конгрессе (Новосибирск, 2022), а также



обсуждены на заседаниях кафедры нейрохирургии ИУВ ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России.

### Публикации

По результатам проведенной работы опубликовано 10 работ, из них 3 статьи – в научных рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК Минобрнауки РФ (2 из них – в журналах, также индексируемых в международных базах данных Scopus), 1 - патент на изобретение № 2777246 С1. МПК А61В 17/56, А61В 17/70), 6 – в виде статей в журналах и тезисов в сборниках материалов российских и зарубежных конференций, конгрессов и съездов.

### Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений, списка литературы, включающего 14 отечественных и 174 зарубежных источников, приложений. Диссертация изложена на 108 страницах машинописного текста, иллюстрирована 8 таблицами и 29 рисунками.

# ГЛАВА 1 ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ИСТМИЧЕСКИХ СПОНДИЛОЛИСТЕЗОВ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

## 1.1 Актуальность проблемы

Спондилолистезом принято называть патологический процесс, при котором происходит смещение тела вышележащего позвонка относительно нижележащего [1]. Одной из разновидностей данного процесса является истмический спондилолистез (ИС). Данным термином обозначают смещение позвонка кпереди по отношению к нижележащему вследствие спондилолиза [187]. В свою очередь спондилолизом называют дефект (одно- или двухсторонний) межсуставной части дуги позвонка [167].

Боль в спине ежегодно испытывают до 76% населения. По мнению авторов, она является одной из самых частых причин обращения за медицинской помощью. Согласно исследованию Erdes S.P. и соавт., у 24,9% пациентов взрослого населения, обратившихся за амбулаторной медицинской помощью, основной жалобой была боль в пояснично-крестцовом отделе позвоночника, при этом подсчитано, что боль в спине является главной причиной нетрудоспособности у 9% населения [23, 51]. По данным Kalichman L., у 8,2% пациентов причиной возникновения боли в поясничной области является ИС [148]. Несмотря на широкое распространение данной патологии, до настоящего момента остаются актуальными вопросы диагностики и лечения этого заболевания. Применение различных радиологических методов исследования, таких как рентгенография, компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ), значительно упростили диагностику ИС. Данные исследования позволяют оценить практически весь спектр изменений, произошедших в позвоночнике. Однако неверная интерпретация результатов исследований часто является причиной выбора неправильной тактики лечения. Проводимые исследования в области выбора стратегии хирургического лечения ИС зачастую не принимают во

внимание оценке клинико-рентгенологических данных каждого из пациентов.

## 1.2 Эпидемиология

Частота спондилолиза среди взрослого населения по данным нескольких авторов составляет от 3 до 11,5% [148, 151]. Не во всех случаях наличия спондилолиза развивается спондилолистез. Данная точка зрения подтверждается в работах Kalichman L. и соавт., а также McCunnif P.T. и соавт., которые показали, что 20–21% пациентов с двухсторонним дефектом межсуставной части дуги позвонка не имели ИС [26, 148]. Согласно результатам проведенных многочисленных рентгенологических исследований, спондилолистез встречается у 2,4–18% людей в популяции [146, 160]. Sakai T. и соавт. провели крупное исследование, в котором авторы изучили случайно выбранных 2000 человек и установили, что распространенность ИС составляет 3,7% [71]. Burton M.R. и соавт. заявляют о превалировании данной патологии у лиц женского пола в соотношении 2:1 [28]. Несмотря на то, что дефект межсуставной части дуги позвонка может встречаться на любом уровне, статистический анализ, проведенный Tenny S. и соавт., позволяет говорить о самом частом смещении пятого поясничного позвонка, а следом за ним по частоте – четвертый поясничный позвонок [160]. При этом следует отметить, что в 4% случаев встречается спондилолистез нескольких позвонков [64].

В последние годы выдвигается мнение, что ИС чаще встречается среди людей, занимающихся активными видами спорта [8]. Множество авторов в своих исследованиях отмечают, что и спондилолиз, и ИС чаще встречаются у людей, занимающихся гимнастикой, американским футболом, борьбой, тяжелой атлетикой и другими видами спорта, где совершаются повторяющиеся разгибательные, а также ротационные движения [22, 49, 85, 159, 182]. Существуют также исследования, подтверждающие высокую частоту спондилолистеза (до 12%) у пациентов с сопутствующей патологией Шейермана–Мау [167]. Albanese M. и соавт., изучая наследственную предрасположенность ИС, обнаружили частую выявляемость семейных случаев – до 69% [17]. Статистическое неравенство среди

лиц женского и мужского пола, высокая частота выявления семейных случаев заболевания, а также высокая встречаемость ИС у спортсменов подтверждали необходимость исследования этиологии заболевания. Установление происхождения и выделение факторов риска возникновения данной патологии изучались в большом количестве исследований.

### 1.3 Этиология

Еще в 1856 году Hartmann G. заметил, что смещение вперед тела позвонка не вызывает смещения за ним остистого отростка, исходя из чего он пришел к выводу, что одним из факторов развития патологии является дефект в задних отделах позвонка [67]. Подтверждая данную теорию, в 1858 году Lambi W. одним из первых продемонстрировал нарушение целостности межсуставной части дуги позвонка у пациентов со спондилолистезом на основании серии патологоанатомических исследований. В 1888 году Neugebauer F.L., изучая анатомические препараты позвоночных столбов, заметил, что в межсуставной части дуги позвонка у части пациентов находится дефект, который в ряде случаев был сопряжен со спондилолистезом, а в части случаев – нет [8].

Механизм развития дефекта межсуставной части дуги позвонка до настоящего момента остается неочевидным. Так, Neugebauer F.L. являлся сторонником онтогенетической теории, при которой дефект межсуставной части дужки считается врожденным из-за нарушения оссификации [105]. Противоположного мнения придерживался ряд исследователей. Сперанский А.Д. в 1925 году называл процесс перехода позвоночника из горизонтального в вертикальное положение в ходе индивидуального развития ребенка главной причиной развития спондилолиза [11]. Lane A.W. в 1893 году предположил, что дефект в межсуставной части дужки вызван давлением вышележащего сегмента, в результате чего формируется стресс-перелом [84]. Схожей точки зрения придерживались в своих исследованиях Capener N. и Meyer–Burgdorff H. (1931) [29, 158].

Травматический фактор в последние годы часто называют главным в

развитии спондилолиза, а затем и спондилолистеза. Считается, что при определенных повторяющихся движениях в области межсуставной части дуги позвонка формируются микротравмы, впоследствии приводящие к образованию дефекта и смещению позвонка. У ряда людей происходит удлинение задних отделов позвонка, что обусловлено консолидацией переломов [28, 76, 86, 130, 142, 149]. Именно травматической теорией генеза данной патологии объясняют повышенную частоту спондилолиза у людей, вовлеченных в активный спорт.

С другой стороны, проводились исследования, которые дают основания полагать о значительном влиянии генетических и наследственных факторов в формировании спондилолиза. Так, Wiltse L.L. сообщает о 26% семейной предрасположенности к формированию дефекта межсуставной части дуги позвонка в популяции [185]. В свою очередь Wynne D.R. и Fredrikson B.E. и соавт. сообщают о 15–34% семейных случаев спондилолиза в своих исследованиях [167, 188]. Точная этиология спондилолиза и спондилолистеза до сих пор остается предметом дискуссий, однако исследователи сходятся во мнении, что данная патология имеет многофакторный этиопатогенез. Играть свою роль факторы роста и развития, наследственные, травматические, биомеханические, а также различные морфологические факторы [92].

#### 1.4 Классификация

В настоящее время существует большое количество классификационных систем, призванных облегчить диагностику заболевания и подобрать подходящий алгоритм лечения.

Чаще всего степень смещения позвонка определяют по классификации, разработанной Meyerding H.W. в 1938 году, согласно которой выделяют 4 степени в зависимости от расположения задненижнего угла вышележащего позвонка относительно нижележащего: 0–25% – 1-я степень, 25–50% – 2-я степень, 50–75% – 3-я степень, 75–100% – 4-я степень [95]. Junge H. и Haggart G.E. и соавт. ввели понятие спондилоптоза – пятой степени смещения позвонка (более 100%) [65, 77]. Кроме того, степень смещения позвонка можно оценивать не только по абсолютной

величине. Классификация, разработанная Митбрейтом И.М., учитывает угол смещения позвонка путем оценки отношения между вертикальной линией и линией, соединяющей центры пятого поясничного и первого крестцового позвонков [7].

Определение вида спондилолистеза стало необходимым условием для определения тактики лечения пациента. В 1981 году Wiltse L.L. разработал классификацию, учитывающую разделение спондилолистеза на типы. Автор предложил распределить патологию на 5 типов: диспластический – когда спондилолистез формируется в результате дисплазии верхней части крестца и (или) дуги L5 позвонка с элонгацией или со спондилолизом; истмический – когда спондилолистез формируется в результате дефекта межсуставной части дуги, при этом сам дефект может формироваться постепенно, в результате усталостного повреждения межсуставной части дуги, спондилолиз, который формируется в результате удлинения межсуставной части дуги, или спондилолиз, как остро возникший дефект межсуставной части дуги; дегенеративный – связанный с дегенеративным остеоартрозом, без дефекта межсуставной части дуги; посттравматический – который формируется в результате перелома задних элементов позвонков, кроме межсуставной части дуги; патологический спондилолистез – связанный с деструкцией задних элементов позвонков из-за системных заболеваний, так или иначе затрагивающих костную систему [187]. Кроме того, в дальнейшем Rothman S.L. выделил отдельно шестой тип – ятрогенный спондилолистез, который формируется в результате интраоперационного повреждения задних отделов позвонка [186].

Еще одну попытку систематизировать спондилолистезы по причинам возникновения предприняли Merchetti P. и Bartolozzi P., разделившие спондилолистезы на врожденные и приобретенные. Среди приобретенных оказались: травматические (острый перелом, стресс-перелом), послеоперационные (прямое и косвенное повреждение), патологические (локальные или системные патологии), дегенеративные (первичные или вторичные). К врожденным были отнесены следующие группы: высоко- и низкодиспластичный (со спондилолизом

или с элонгацией дуги позвонка) [90].

Распределяя спондилолистезы в группы по этиологическому фактору, недосказанным оставался аспект патогенеза заболевания. Исследователей интересовали различные клинические проявления у пациентов с одинаковой степенью и видом спондилолистеза.

В конце XX – начале XXI века большое внимание уделялось проблеме стабильности позвоночно-двигательного сегмента. Данный вопрос не мог обойти стороной заболевание, в отношении патогенеза которого широко высказывались гипотезы о значительной роли нестабильности в развитии клинической симптоматики. В настоящее время разделение спондилолистезов на стабильные и нестабильные подчиняется общим правилам определения нестабильности в позвоночно-двигательном сегменте. Понятие нестабильности было описано многими авторами. Так, Ranjabi M.M. и соавт. описывали её как утрату способности сохранять индивидуальный паттерн движений при воздействии физиологических нагрузок [114]. Рентгенологическими критериями стали: сегментарная ангуляция  $>10^\circ$ , трансляция позвонка  $>3$  мм, при проведении функциональной рентгенографии [87, 88]. Данные критерии до сих пор оспариваются разными исследователями.

Таким образом, спондилолистезы можно разделять на стабильные и нестабильные. Нарушение статики, а также невозможность сохранения конфигурации позвоночно-двигательного сегмента находятся в тесной взаимосвязи с понятием сагиттального баланса и в последние годы в патологии позвоночника большое внимание уделяется данной проблеме.

Само понятие сагиттального баланса стало предметом пристального изучения с 1985 года, когда During J. и соавт. рассматривали характеристики положения поясничного отдела позвоночника в норме и патологии [173]. В 1992 году Duval-Beaupere G. и соавт. впервые описали pelvic incidence (PI), или крестцово-тазовый угол, образованный между линией, перпендикулярной замыкательной пластинке первого крестцового позвонка и проходящей через середину замыкательной пластинки и линией, соединяющей центр головки бедренной кости

– параметр, в данный момент, широко используемый в оценке позвоночно-тазового отношения [48]. Позднее Dubousset J. и Hasegawa K. в своих многочисленных работах определили сагиттальный баланс как взаимоотношение всех изгибов позвоночника, при котором в пространстве при действии гравитационной нагрузки расходуется минимальное количество энергии мышц для поддержания позы, но при этом сохраняется горизонтальное положение уровня глаз [37].

Для объективной оценки состояния баланса в настоящий момент используется большое количество рентгенологических параметров, среди которых lumbar lordosis (LL) – поясничный лордоз, pelvic tilt (PT) – наклон таза, sacral slope (SS) – наклон крестца, sagittal vertical axis (SVA) – сагиттальная вертикальная ось, pelvic incidence (PI) – крестцово-тазовый угол и другие [108]. Деформация позвоночника, развивающаяся при ИС, влечет за собой изменения параметров сагиттального баланса. Особенно выражены изменения регионального сагиттального баланса, а именно показатели позвоночно-тазового отношения. Labelle H. и соавт. сообщали, что такие параметры, как PI, SS, PT и LL были значительно увеличены у пациентов с ИС, в то время как грудной кифоз, напротив, уменьшен [147].

Несмотря на очевидную связь между показателями баланса и наличием ИС, в настоящее время в литературе нет единого мнения о механизме их взаимодействия. Учитывая влияние спондилолистеза на показатели баланса, назрела необходимость разработки классификации, которая бы учитывала все изменения в сагиттальном балансе. Roussouly P. и соавт. установили, что параметры позвоночно-тазового отношения могут существенно различаться внутри группы пациентов с ИС. В зависимости от величины PI и SS было выделено две группы: «тип ножниц» (shear type), когда показатели PI и SS повышены, а также «тип щелкунчик» (nutcracker type), когда показатели PI и SS были близки к нормальным [137].

Hresko M.T. и соавт. в зависимости от показателей PT и SS выделили две группы пациентов. В одну из них включили пациентов с высоким SS и низким PT – ИС со сбалансированным позвоночно-тазовым соотношением. В другую группу



– с низким SS и высоким PT, что проявлялось ретроверсией таза и вертикальным крестцом – ИС с несбалансированным позвоночно-тазовым соотношением [31]. Кроме того, было обнаружено, что у пациентов с ретроверсией таза такой показатель глобального сагиттального баланса, как сагиттальная вертикальная ось, был значительно увеличен, по сравнению с другой группой пациентов [147].

В 2011 году Labelle Н. и Mac-Thiong J.M. в новой классификации основывались на степени смещения позвонка (низкая или высокая), учитывали Pelvic Incidence (низкий, нормальный или высокий) и позвоночно-тазовое отношение (сбалансированное или нет), а также степень дисплазии (высокая или низкая). В данной классификации было выделено 8 типов спондилолистеза [83]. В настоящее время одной из наиболее актуальных считается классификация Spinal Deformity Study Group (SDSG). В её основу легла переработанная и упрощенная версия классификации Labelle Н. и соавт., где было упразднено деление ИС на высоко- и низкодиспластичные. Кроме того, классификация SDSG предполагает использование параметров глобального сагиттального баланса, а именно C7 Plumb Line – вертикальную линию, опущенную из центра тела C7 позвонка. Считается, что если линия опускается на уровень головок бедренных костей или чуть кзади, сагиттальный профиль сбалансирован, если кпереди – не сбалансирован. Таким образом, ИС делятся на 6 типов [131].

### **1.5 Факторы прогрессирования истмического спондилолистеза**

Биомеханика и факторы прогрессирования смещения позвонка при ИС до сих пор остаются не до конца изученными. Среди факторов прогрессии всё чаще называют женский пол, а также наличие ИС у детей до остановки роста [39, 56, 152]. Известны работы, в которых было показано, что PI является важным фактором прогрессии у пациентов со смещениями низкой степени. Авторы отмечают, что высокие значения данного параметра прямо пропорциональны риску увеличения степени смещения позвонка [111]. Huang P.R. и соавт., напротив, показали отсутствие связи прогрессирования спондилолистеза и PI, однако авторы заметили, что более высокие степени смещения позвонка ( $68,4 \pm 5,3\%$ ), а также

большие значения угла смещения позвонка ( $13,4 \pm 3,8^\circ$ ) связаны со случаями прогрессирования спондилолистеза [121]. С появлением классификации SDSG и выделением нескольких типов ИС назревала необходимость проведения исследований биомеханики смещения и рисков прогрессии при определенных параметрах сагиттального баланса. По результатам исследования Sevrain A. было установлено, что параметры позвоночно-тазового соотношения являются важным фактором прогрессии спондилолистеза. В частности, авторы отмечают, что при увеличении значения PI с  $52$  до  $75^\circ$ , механическая нагрузка увеличивалась на 26% на замыкательную пластинку и на 16% – на межпозвонковый диск, что способствовало прогрессии смещения позвонка в экспериментальной прогностической модели, и кроме того, было показано, что значение SS не влияет на увеличение смещения [27].

## 1.6 Клиника

Возникающие при ИС изменения позвоночно-двигательного сегмента способны не только повлиять на биомеханику позвоночника и параметры позвоночно-тазового соотношения, но и вызвать клиническую симптоматику заболевания.

По данным большого количества исследований, самой частой жалобой пациентов с ИС является боль в поясничной области. Согласно результатам проведенного анализа Markwalder T.M. и соавт., данный симптом наблюдается у 96% пациентов с клинически значимым ИС [91]. Описано множество факторов, приводящих к усилению болевого синдрома. Часть из них легла в основу специфических тестов для оценки выраженности симптомов ИС, а также связанной с ним нестабильности позвоночно-двигательного сегмента. Так, авторы сообщают, что жалобы усиливаются при совершении сгибательных, разгибательных, ротационных движений, при смене положения тела, поворотах вокруг своей оси в положении лежа на постели, поднятии и удержании прямой ноги – лежа на спине [10, 94, 139]. Выраженность болевого синдрома, согласно исследованиям Saraste H., зависит от степени спондилолистеза и от уровня измененного позвонка. По

мнению автора, чем выше степень спондилолистеза по Meyerding, тем сильнее боль, а также в случаях, когда наблюдается смещение четвертого поясничного позвонка [140]. Смещение кпереди позвонка и нестабильность позвоночно-двигательного сегмента с течением времени могут привести к гипертрофии межпозвонкового сустава и желтой связки, что является причиной возникновения стеноза в межпозвонковых отверстиях. Дефект в межсуставной части дуги позвонка со временем заполняется фиброзной тканью, которая наряду с описанными выше изменениями в межпозвонковом отверстии приводит к раздражению, компрессии или натяжению корешков спинномозговых нервов [145]. По данным Saraste H., радикулярная симптоматика редко присутствует при первом обращении по поводу ИС – всего в 2% случаев. Однако при длительном наблюдении пациентов (в исследовании длительность наблюдения составила 29 лет) доля пациентов с неврологической симптоматикой возросла до 18% [139].

Markwalder T.M., Gregg C.D. и соавт. провели исследование, чтобы проанализировать частоту радикулярной симптоматики, а также положительного теста с поднятием прямой ноги у пациентов со спондилолистезом. По результатам было установлено, что боль в ногах встречается в 53% случаев, радикулярная симптоматика у длительно (>10 лет) наблюдающихся пациентов встречается в 40% случаев, а у пациентов с недавно (<3 лет) диагностированным ИС – в 70% случаев. Положительный тест с поднятием прямой ноги был зафиксирован у 49% пациентов, чувствительность метода – 71% [63, 91].

## 1.7 Диагностика

Некоторые авторы отмечают, что уже при первичном осмотре пациента с ИС могут быть выявлены характерные признаки: увеличенный лордоз поясничного отдела, напряжение мышц спины, в особенности поясничной области, выстояние остистых отростков, болезненные при пальпации [76]. Предвосхищая открытия в области сагиттального баланса Турнер Г.И. в 1926 году в своей работе об изменениях статики тела описал характерные изменения для спондилолистеза. Автор заметил, что за счет изменений наклона таза, сближения реберных дуг и

гребней подвздошных костей между ними образуются поперечные складки кожи, впоследствии названные «симптомом телескопа» [12]. Общий осмотр пациента, несомненно, носит важный характер в диагностическом поиске. Но, несмотря на множество выявляемых признаков, физикальное обследование пациента и проведение различных функциональных проб, даже при возможности инструментальных исследований, не потеряли своё значение. Так, Collaer J.M. и соавт. высоко оценивали роль пальпации в определении ИС. Авторы изучали диагностическую ценность пальпации остистых отростков при определении данной патологии. Согласно результатам их исследования, чувствительность определения ИС была 60%, специфичность – 87,2% [34].

Как правило, первым методом исследования при наличии жалоб становится рентгенография позвоночника. Данный метод имеет большое значение. В прямой проекции авторы обращают внимание на такие рентгенологические находки, как «симптом воробьиного хвоста» – состояние, при котором отмечается отклонение остистых отростков и дужек нижних поясничных позвонков в краниальном направлении. Чем выше степень спондилолистеза, тем чаще выявляется симптом, при III степени по Meyerding симптом является патогномоничным [125]. Еще одной важной характеристикой является симптом «шапки жандарма» – когда тень пятого поясничного позвонка наслаивается на тень крестца. При третьей степени спондилолистеза симптом также является патогномоничным [42]. В боковой проекции можно определить степень спондилолистеза (по Meyerding) путем измерения процентного соотношения расстояния от задних отделов смещенного позвонка к общей длине замыкательной пластинки нижележащего позвонка [95]. Также становится возможным засвидетельствовать комплекс симптомов, описанных Mercer W., – увеличение продольного размера от переднего края тела позвонка до верхушки остистого отростка; увеличение физиологического лордоза, изменение угла наклона таза [94]. В литературе изложено использование косых проекций (3/4) для лучшей визуализации межсуставной части дуги позвонка и ее дефекта. В косой проекции предлагается выделять фигуру, известную как профиль «шотландской собаки» (Scotty dog profile) – верхний суставной отросток имитирует

ухо, нижний суставной отросток – передние лапы, межсуставная часть дуги – шею. При спондилолизе в области так называемой шеи можно определить дефект [145]. Несмотря на широкое упоминание данного рентгенологического признака, Векс Н.А. и соавт. в 2013 году в большом исследовании показали, что косые проекции не повышают чувствительность или специфичность метода рентгенографии в обнаружении спондилолиза и ИС [47].

Функциональные рентгенограммы всё чаще используются для определения стабильности спондилолистеза. Проведение рентгенографии со сгибанием–разгибанием является наиболее изученным и широко используемым методом [9]. Однако, несмотря на бесспорную важность для диагностики нестабильности позвоночно-двигательного сегмента, в литературе отмечается недостаточное количество публикаций, позволяющих говорить об обязательном включении этого диагностического метода в перечень обязательных для планирования оперативного вмешательства у пациентов с ИС. Так, Pearcy M. и соавт. исследовали группы пациентов с данной патологией и без неё, сравнивая функциональные рентгенограммы. Авторы получили противоречивые результаты, показывающие, что в группе у бессимптомных пациентов без патологии признаки нестабильности выражены сильнее, чем у пациентов с ИС. Причиной данной находки исследователи назвали возможный спонтанный артродез [115]. В то же время Dupuis P.R., Kalebo P., Wood K.B., Cabraja M. и соавт. заявляли о напряжении мышц поясничной области в ответ на выраженный болевой синдром как о главном ограничении функционального исследования. Авторы считали, что мышечное напряжение способно влиять на качество выполнения пробы, а вследствие этого изменять степень смещения позвонка [125, 127, 153, 161]. Также данная теория могла бы стать альтернативной гипотезой, объясняющей результаты исследования Pearcy M. и соавт. [115]. Кроме того, спорность метода функциональной рентгенографии подтверждали в своей работе Nizard R.S. и соавт., заявив, что положение пациента при выполнении проб и направление рентгеновского излучения могут привести к погрешности в 10–15°. Авторы также утверждали, что методики проведения проб и измерения смещений позвонка до сих пор не

стандартизированы, что не позволяет говорить о точности данного исследования [106]. В настоящий момент в литературе широко используются следующие критерии нестабильности: смещение тела позвонка на  $>4$  мм или на  $>8\%$  от длины нижней замыкательной пластинки на уровнях L1–L5, или на  $>6\%$  на уровне L5–S1.

Введение в широкую практику КТ-метода позволило с точностью выявлять не только спондилолистез, но и определять его вид. При ИС КТ важна в определении дефекта межсуставной части дуги, а также она позволяет точно определить размер межпозвонкового отверстия и сделать вывод о компрессии корешка спинномозгового нерва [25, 43, 82]. Практически полное отсутствие ограничений метода, исчерпывающая информация о костной анатомии, возможность определить параметры смещения позвонка сделали данное исследование обязательным при планировании оперативного вмешательства по поводу ИС.

В случаях, когда необходимо провести дифференциальную диагностику причин возникновения клинической симптоматики у пациента с ИС, возможно выполнение КТ-миелографии. В настоящее время данное исследование позволяет получить полную картину патологии у пациентов, которые не имеют возможность сделать МРТ по причине противопоказаний (водители ритма, выполненный остеосинтез МР-несовместимыми конструкциями и др.). КТ-миелография, несмотря на хорошую визуализацию границ дурального мешка, зачастую не даёт информации о фораминальном сдавлении манжеты нервного корешка, а также об экстрафораминальных причинах сдавления.

Таким образом, показания к выполнению данного исследования при ИС сильно ограничены. Именно по этой причине МРТ является оптимальным дополнительным методом визуализации [126].

Магнитно-резонансная томография позволяет оценить высоту межпозвонкового диска, а также установить факторы, вызывающие сдавление корешка спинномозгового нерва как в межпозвонковом отверстии, так и экстрафораминально. Ранние стадии спондилолиза очень тяжело выявить рентгенографическими методами, в то время как стресс-реакцию костной ткани из-

за постоянных микротравм можно выявить на МРТ. T2-режим, а также STIR-изображения будут чувствительны к отёку костной ткани. С прогрессией спондилолиза дефект межсуставной части дужки будет виден как сигнал пониженной интенсивности на T1 и T2-взвешенных изображениях, окруженный отёком [103]. Кроме того, исследователи называют и другие признаки ИС, выявляемые при МРТ. Ulmer J.L. и соавт. показали, что расширение диаметра позвоночного канала, изменение костной плотности ножек дужек позвонка сопряжены со спондилолизом, в том числе без развившегося спондилолистеза [102]. Sherif H. и соавт. в своём исследовании определили новый признак спондилолиза, выявляемый при МРТ, – расположение эпидурального жира между остистым отростком и твердой мозговой оболочкой [143].

## 1.8 Лечение

Независимо от степени спондилолистеза и выраженности клинических проявлений, консервативная терапия является первым шагом к улучшению качества жизни пациента. С годами изучения проблемы подбора лечения менялись и рекомендации по ведению пациентов. Чаклин В.Д. в 1933 году использовал позиционное лечение, при котором в течение 2–4 недель пациент занимал положение с согнутыми в тазобедренных суставах ногами и приподнятым туловищем. Данная методика позволяла уменьшить болевой синдром и выраженность радикулярной симптоматики. Также проводились различные манипуляции по вытяжению, которые способствовали расширению межпозвонковых отверстий и даже редукции позвонков [6, 13].

В настоящее время основой уменьшения интенсивности болевого синдрома является применение нестероидных противовоспалительных средств (НПВС) и миорелаксантов [98, 179]. Еще одним краеугольным камнем в лечении является тренировка мышц спины и живота. Чаще всего физические тренировки и применение лекарственной терапии проводятся единым комплексом [128, 129]. Ekman P. и соавт. проводили долговременное наблюдение за пациентами, которым выполнялась консервативная терапия, в результате чего было отмечено, что в

краткосрочной перспективе наблюдается уменьшение болевого синдрома, но функциональных улучшений для пациента нет. При наблюдении пациентов в течение 9 лет ухудшение результата по шкале Освестри (ODI) в среднем составило с 28 до 31. Однако нельзя точно утверждать, что за все 9 лет наблюдения в полном объеме соблюдались рекомендации лечащего врача [50].

Также необходимо отметить, что смещения высокой степени, обнаруженные у ребенка, согласно исследованиям Voxall D. и соавт., являются прогностически неблагоприятными, и большинство подобных пациентов нуждаются в оперативном вмешательстве [89]. Напротив, согласно исследованию Pizzutillo P.D. и соавт., проведение комплексной консервативной терапии позволило избежать хирургического вмешательства у двух третей пациентов со спондилолистезами низкой степени, однако срок наблюдения за пациентами в среднем составил всего 11,5 месяцев [117].

Существуют работы, сравнивающие две группы пациентов: в одной группе пациентам проводили оперативное лечение, в другой группе пациенты проходили комплексное консервативное лечение. Так, Möller H. и соавт. показали, что оперативное лечение значительно улучшает функциональный исход и уменьшает интенсивность болевого синдрома по сравнению с консервативной методикой, а также установили, что консервативная терапия более 6 месяцев вследствие своей неэффективности не является целесообразной [100].

Еще одним методом уменьшения болевого синдрома является проведение эпидуральных инъекций кортикостероидов. Но, согласно нескольким исследованиям, они оказывают результат лишь в краткосрочном периоде [113, 163, 171, 177]. В настоящее время среди показаний к оперативному вмешательству чаще всего называют: 6 месяцев проведенной комплексной консервативной терапии без уменьшения боли в спине и/или радикулярной симптоматики, прогрессирование неврологического дефицита или появление нейрогенной перемежающейся хромоты. Также многие авторы сходятся во мнении, что прогрессирующий характер спондилолистеза является показанием к хирургическому лечению [150]. Неоднозначным является мнение, что высокие степени спондилолистеза со



значительными изменениями пояснично-крестцового изгиба являются поводом для выполнения хирургического вмешательства. По мнению Voxall D. и соавт., хирургическое лечение спондилолистезов высокой степени должно проводиться вне зависимости от наличия клинических проявлений в связи с большим риском прогрессирования спондилолистеза [89]. В то же время Harris I.E. и соавт., проводя длительное наблюдение у пациентов с 3 и 4 степенью ИС, пришли к выводу, что качество жизни большинства (10 из 11) пациентов не отличается в группах с проведенным хирургическим лечением и с длительно проводимой консервативной терапией [66]. Многие авторы сходятся во мнении, что достаточно значимым критерием необходимости хирургического вмешательства является наличие неврологического дефицита [76].

Таким образом, до сих пор остро стоит вопрос первоочередности в определении показаний к оперативному вмешательству. Часть исследователей отдает предпочтение рентгенологическим критериям, а другие призывают основываться на клинических данных. В настоящее время описано множество вариантов оперативного вмешательства в хирургии ИС. Большинство исследователей к главным задачам хирургии при спондилолистезе относят восстановление стабильности позвоночника, устранение компрессии нервно-сосудистых образований позвоночного канала, коррекцию сагиттального дисбаланса. Однако единого пути для одномоментного решения всех вышеперечисленных проблем пока не найдено.

Ряд хирургов ставят на первый план при выборе тактики лечения воздействие на патогенетические звенья развития ИС [97]. Так, Tokuhashi Y. и соавт. в своих исследованиях отдавали предпочтение восстановлению дефекта межсуставной части дуги позвонка – главного патогенетического звена в развитии ИС [62, 78, 172]. Другим фактором развития клинических симптомов является компрессия нервного корешка вследствие уменьшения размеров межпозвонкового отверстия при смещении позвонка. Было предложено проводить заднюю декомпрессию нервных структур без фиксации [59–61]. Позднее Osterman K. и соавт. пришли к выводу, что задняя декомпрессия без фиксации в отдаленных периодах не только

не уменьшит выраженность клинической симптоматики, но также вызовет прогрессию спондилолистеза и неизбежно приведет к повторному хирургическому вмешательству [112, 170].

В свою очередь Kwon В.К. и соавт. доказали неэффективность динамической стабилизации у пациентов с ИС, подтверждая необходимость спондилодеза для восстановления стабильности пораженного сегмента [16]. Многие специалисты называют межтеловой спондилодез из заднего или переднего доступа достаточным без проведения фиксации. В случае выбора такого метода лечения актуальным становится вопрос необходимости прямой декомпрессии нервных структур. Несколько исследователей сообщали о хороших результатах лечения после межтелового спондилодеза, проведенного без прямой декомпрессии нервных структур и без фиксации [96, 144]. За необходимость декомпрессии выступали Johnson L.P. и соавт., но только в случае наличия неврологического дефицита [75].

В настоящее время наиболее распространенными операциями при ИС являются вмешательства с применением фиксирующих систем. Несмотря на широкое использование фиксации, в литературе до сих пор нет единого мнения относительно преимуществ данного типа лечения. Так, в четырех рандомизированных исследованиях не удалось подтвердить преимуществ фиксации перед оперативными вмешательствами без применения фиксирующих систем [19, 93, 99, 178]. Согласно результатам, клинико-рентгенологические исходы в группах пациентов не имели статистически значимого различия.

С другой стороны, Bridwell К.Н. и соавт. выступают за применение транспедикулярных фиксаторов – как за один из факторов, увеличивающих скорость формирования костного блока, а также говорят о лучших клинических исходах после проведения подобных оперативных вмешательств [11]. Заднебоковой, трансфораминальный, передний и латеральный доступы к выполнению межтелового спондилодеза комбинируют с самыми разнообразными формами имплантатов и фиксирующими конструкциями для достижения лучших результатов [2, 3, 5, 41, 50, 55, 75, 119, 157, 174, 175, 183].

Вопрос выбора оптимального метода спондилодеза также остается

актуальным до сих пор. В рандомизированном контролируемом исследовании Christensen F. и соавт. сравнили пациентов после заднебокового спондилодеза с пациентами после переднего спондилодеза. Через 2 года после наблюдения пациентов не было значимых различий в исходах [30]. Такие же результаты получили Swan J. и соавт. в своём исследовании [156]. Kim N. и соавт. сравнили клинические и рентгенографические результаты лечения ИС низкой степени при переднем межтеловом спондилодезе и пациентов с заднебоковым спондилодезом и фиксацией. Не получив значимых различий в исходах, авторы пришли к выводу, что передний межтеловой спондилодез позволяет достичь адекватной не прямой декомпрессии, как и при прямой декомпрессии из заднего доступа [81]. Использование трансфораминального межтелового спондилодеза (TLIF) позволяет уменьшить количество манипуляций с дуральным мешком и корешками спинномозговых нервов по сравнению с заднебоковым межтеловым спондилодезом. Согласно исследованию Lauber S. и соавт., формирование костного блока наблюдается в первом случае в 94,8%, в то время как при заднебоковом межтеловом спондилодезе – в 83% [33].

Существуют также работы, авторы которых подробно изучили разницу в рентгенологических величинах сегментарного и регионарного лордоза при проведении переднего межтелового спондилодеза без фиксации и TLIF с фиксацией. Так, Lightsey H.M. и соавт. сообщают о больших значениях сегментарного лордоза на уровне L4–S1 у пациентов с проведенным передним межтеловым спондилодезом ( $9,6^\circ$  против  $0,2^\circ$ ,  $P < 0,001$  и  $7,9^\circ$  против  $2,1^\circ$ ,  $P = 0,005$  соответственно) [18]. В то же время несколько авторов сообщают о том, что несмотря на более высокий межтеловой промежуток у пациентов после ALIF, значимой разницы в сегментарных и регионарных углах между данными группами пациентов нет. Кроме того, сообщается об отсутствии разницы в функциональных исходах между данными методами проведения спондилодеза [80, 184].

Необходимо отметить, что многие исследователи утверждают о более продолжительном времени хирургического вмешательства, большем количестве осложнений и повышенной частоте повторных госпитализаций у пациентов,

оперированных передним доступом по сравнению с открытым или миниинвазивным TLIF [15, 35, 116]. Сделав выбор в пользу спондилодеза и фиксации, при этом устранив такой важный патогенетический фактор, как нестабильность, важно определить показания к применению различных техник редукции позвонка. Вопрос редукции и его роль стали наиболее актуальными в последние годы, когда наметились тенденции к обязательной оценке сагиттального баланса при лечении заболеваний позвоночника.

Важной составной частью глобального сагиттального баланса является позвоночно-тазовое соотношение. Влияние позвоночно-тазового соотношения на клинические исходы после операций у пациентов с ИС низкой степени изучили Bourghli A. и соавт. в своем проспективном исследовании. По их мнению, восстановление позвоночно-тазового соотношения, близкого к нормальным значениям, является предиктором удовлетворительных клинических результатов лечения таких пациентов [38]. Того же мнения придерживаются Wang Z. и соавт., но применительно к более высокой степени ИС [168]. Главной целью редукции позвонка является восстановление позвоночно-тазового соотношения. Это подтверждают исследования Park S.J. и Feng Y. и соавт., в которых авторы приходят к выводу, что редукция позвонка значимо изменяет параметры сагиттального баланса как в раннем послеоперационном периоде, так и при длительном наблюдении [72, 120].

В настоящий момент наблюдается недостаток работ, связывающих современную классификацию SDSG и показания к какому-либо виду оперативного вмешательства. Hresko M.T. и соавт. предположили, что показания к редукции позвонка существуют при несбалансированных типах ИС, когда наиболее остро стоит вопрос о коррекции параметров сагиттального баланса. Авторы показали, что средний РТ уменьшается на  $5,7^\circ$  (CI 1,5–9,8°) при редукции позвонка [165].

Таким образом, исследователи называют главной целью редукции восстановление позвоночно-тазового соотношения. Amritanand R. и соавт. пришли к выводу, что редукция позвонка значимо улучшает параметры сагиттального баланса как в раннем послеоперационном периоде, так и при длительном

наблюдении. По данным авторов, при редукции в среднем с  $74,0 \pm 13,2\%$  до  $30,0 \pm 14,0\%$  пояснично-крестцовый угол менялся с  $32,0 \pm 11,6^\circ$  до  $6,0 \pm 0,6^\circ$  [45]. Koller H. и соавт. в своем исследовании показали, что полное или частичное вправление позвонка при лечении ИС улучшает прогнозы данного заболевания не только с точки зрения восстановления сагиттального баланса, но и уменьшает частоту формирования псевдоартрозов ( $p=0,08$ ) [155]. Longo U.G. и соавт. в свою очередь подтвердили, что в группе пациентов с выполненной редукцией позвонка значительно снижался риск возникновения псевдоартроза по сравнению с группой с фиксацией без редукции ( $5,5\%$  против  $17,8\%$ ,  $p=0,004$ ). Кроме того, авторы отметили, что риск неврологического дефицита в обеих группах пациентов был сопоставим:  $7,8\%$  против  $8,9\%$ ,  $p=0,8$  [52].

Таким образом, в мировой литературе в настоящее время отсутствуют единые подходы в выборе тактики лечения. Определение важности редукции сместившегося позвонка, оценка необходимости учета параметров позвоночно-тазового соотношения в лечении пациентов с ИС являются важными факторами в определении оптимального варианта лечения, однако в настоящее время остаются малоизученными.

## 1.9 Резюме к главе 1

Истмический спондилолистез – серьезная, многофакторная патология, широко распространенная в популяции. Вопросы этиологии и патофизиологии данного заболевания волнуют исследователей не одно десятилетие.

В настоящее время существует множество классификаций, но новые направления в хирургии позвоночника, такие как учение о сагиттальном балансе, требуют углубленного подхода для разработки классификации, способной охватить все аспекты заболевания, помочь разобраться в диагностике и лечении. При множестве методов диагностики, имеющихся в современных лечебных учреждениях, не должно быть трудностей в выявлении ИС у симптомных пациентов. Остается открытым вопрос о целесообразности и способах выявления ИС на ранних стадиях развития заболевания у детей и подростков. Консервативное

лечение должно быть первым шагом после выявления симптомного ИС. «Золотым стандартом» хирургического лечения является декомпрессия, спондилодез и фиксация пораженного сегмента. В настоящее время в литературе наблюдается недостаток исследований взаимосвязи полной редукции смещенного позвонка, а также сагиттального баланса и клинико-рентгенологических исходов заболевания у пациентов.

## ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

### 2.1 Общая характеристика клинических наблюдений

В период с 2017 по 2021 гг. в НМХЦ им. Н.И. Пирогова было прооперировано 164 пациента с ИС низкой степени.

Для решения цели и задач диссертационного исследования было спланировано и осуществлено ретроспективное когортное клиническое исследование. Все пациенты дали информированное добровольное согласие на участие в исследовании. Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом при НМХЦ им. Н.И. Пирогова. Блок-схема отбора пациентов для исследования представлена на рисунке 1.

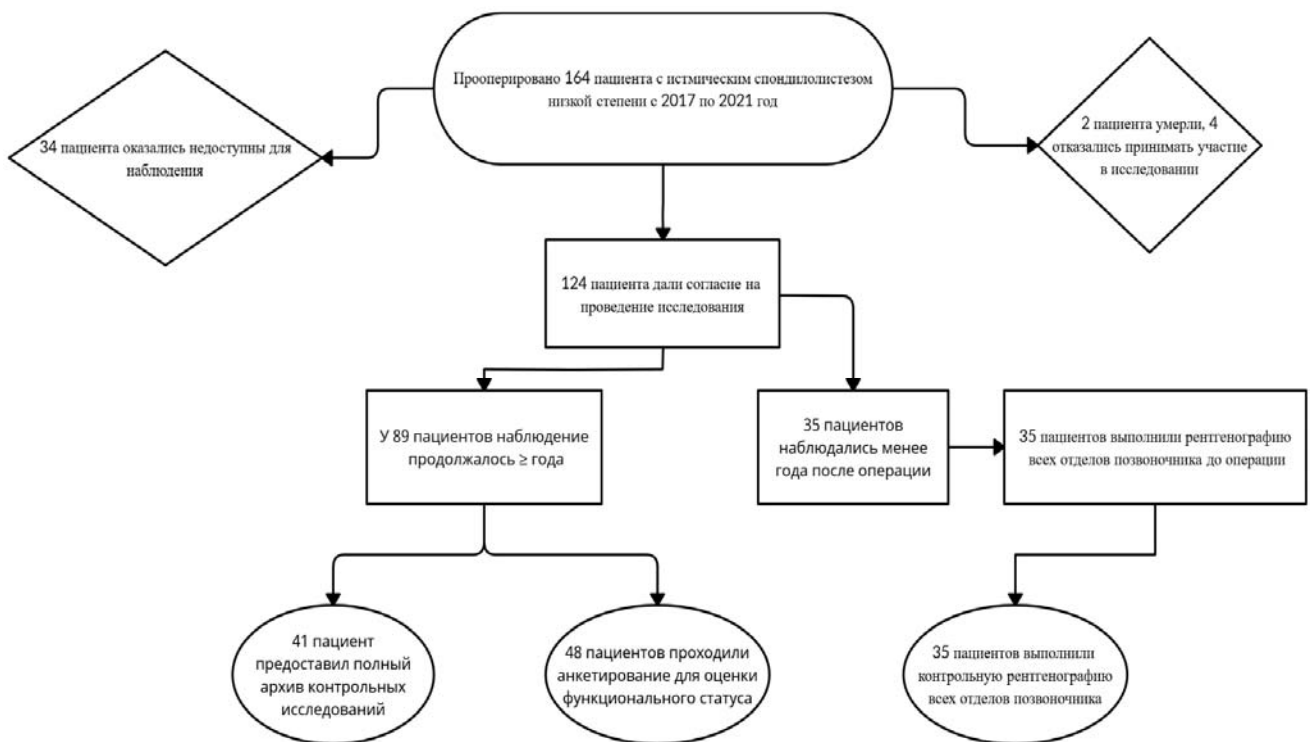


Рисунок 1 - Блок-схема отбора пациентов для трех этапов исследования

В качестве материала для выполнения диссертационного исследования были использованы данные медицинской документации, лучевых и инструментальных методов исследований 124 пациентов, с 2017 по 2021 гг. проходивших лечение в нейрохирургическом отделении НМХЦ им. Н.И. Пирогова.

Критерии включения: подписанное информированное согласие на участие в исследовании, диагностированный ИС одного позвонка, проведенное хирургическое лечение – трансфораминальный межтеловой спондилодез с короткоуровневой ригидной фиксацией, отсутствие показаний к хирургическому лечению патологии позвоночника на других сегментах, минимальное время наблюдения после оперативного вмешательства – 3 месяца.

Критерии исключения: тяжелая сопутствующая патология и некомпенсированное течение хронических заболеваний, сколиотическая деформация  $>10^\circ$  по Коббу, латеральные смещения позвонка, наличие аномалий развития (spina bifida), ранее выполненное хирургическое лечение патологии позвоночника.

Возраст пациентов варьировался от 18 до 75 лет и в среднем составил  $47,2 \pm 11,9$  года. Среди пациентов преобладали женщины – 70 (56,5%) пациентов.

Все пациенты поступали в плановом порядке после выполненного амбулаторно предоперационного обследования. Пациенты с тяжелой сопутствующей патологией, некомпенсированным течением хронических заболеваний были выявлены на данном этапе и не включались в данное исследование.

Показанием для госпитализации пациентов являлся клинически значимый ИС одного позвонка. Всем пациентам до момента госпитализации проводилась комплексная консервативная терапия минимум 3 месяца с минимальным и нестойким положительным эффектом.

## **2.2 Методы исследования**

### **2.2.1 Клиническое обследование**

В объем субъективного исследования входило изучение жалоб пациента, анамнеза заболевания (время с начала заболевания, характер течения, проводимое лечение на догоспитальном этапе), а также сбор необходимых данных о возрасте, профессии, сопутствующих и перенесенных заболеваниях и травмах.

Жалобы на боль в поясничном отделе позвоночника предъявляли все 124



(100%) пациентов, у 78 (62,9%) из них, кроме этого, имелась боль в ногах. Оценка интенсивности боли проводилась с использованием визуальной аналоговой шкалы (ВАШ) (Приложение А). Шкала представляет собой отрезок с шагом в 1 пункт от 0 до 10. В зависимости от выраженности боли пациент отмечал на бумаге цифру, наиболее всего соответствующую интенсивности боли, где 0 – отсутствие боли, 10 – невыносимая боль. Необходимо отметить, что у 43 (34,7%) пациентов была отмечена выраженная (ВАШ 7–10) боль, несмотря на проводимую консервативную терапию.

При поступлении пациента в стационар, а также при контрольном посещении минимум через 12 месяцев после операции проводилось анкетирование в целях оценки степени нарушений жизнедеятельности по шкале Освестри (Oswestry Disability Index) (Приложение Б). Данный опросник активно используется исследователями с начала 1980-х годов, его свойства широко изучены, а эффективность неоднократно доказана. Данная шкала соответствует всем важным требованиям, предъявляемым сегодня к стандартным средствам оценки результата лечения, а именно является легко воспроизводимой, надежной, обладает достаточной чувствительностью, и кроме того, она адаптирована для применения в русскоязычном варианте.

Для субъективной оценки исходов хирургического лечения была использована модифицированная шкала Макнаб. Интерпретация шкалы представлена в приложении 3 [4, 14, 54].

### **2.2.2 Лучевая диагностика**

*Рентгенография.* Обзорная рентгенография поясничного отдела позвоночника была выполнена всем 124 (100%) пациентам. При спондилографии в прямой проекции мы выявляли наличие деформаций. При наличии сколиотической деформации  $>10^\circ$  по Коббу пациента исключали из исследования. Также обращали внимание на имеющиеся аномалии развития (spina bifida) и латеральные смещения позвонков. Главным параметром, который мы изучали при спондилографии в боковой проекции, является степень смещения позвонка, расчет которой

проводили путем нахождения арифметического частного от деления величины смещения вышележащего позвонка (а) на длину верхней замыкательной пластинки нижележащего позвонка (b), результат выражали в процентах ( $\times 100\%$ ),  $a/b \times 100\%$  (Рисунок 2). Затем применяли классификацию смещения позвонка по Мейердингу [95].

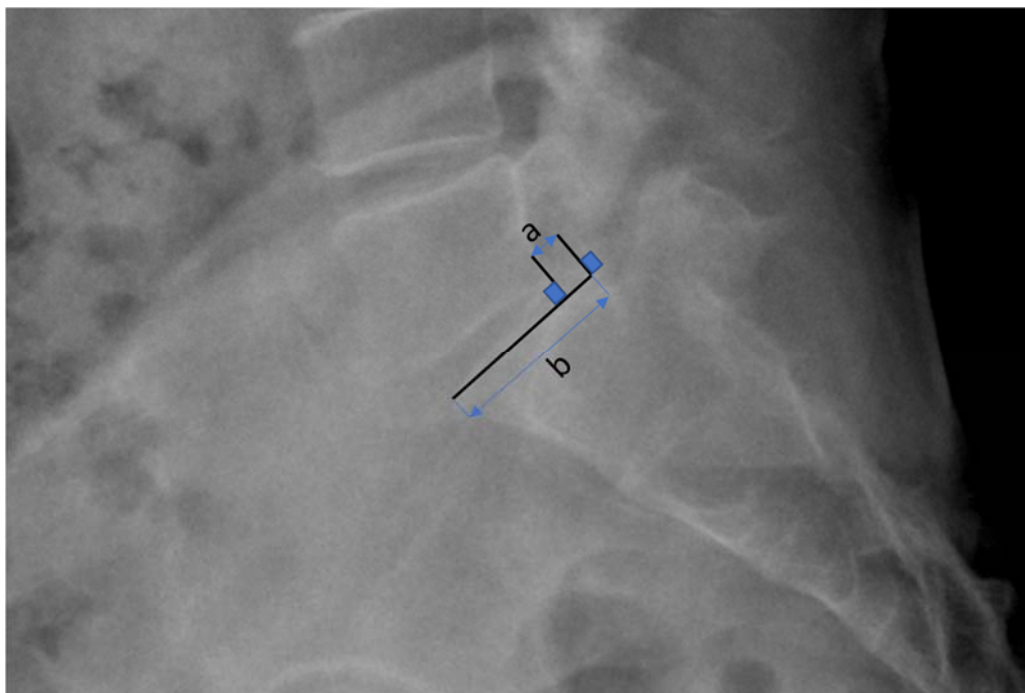


Рисунок 2 - Определение степени смещения позвонка на спондилограмме в боковой проекции: а – величина смещения позвонка относительно задней границы замыкательной пластинки нижележащего позвонка; b – длина верхней замыкательной пластинки нижележащего позвонка

Вместе с тем 35 (28,2%) пациентам была выполнена постуральная рентгенография всех отделов позвоночника до и через 3 месяца после хирургического лечения.

Телерентгенограмма проводилась обязательно в прямой и боковой проекциях, с захватом зуба С2 позвонка, а также верхних третей бедренных костей. При этом для наиболее точной оценки параметров и нарушений сагиттального баланса позвоночника пациенты были информированы о том, что не нужно выпрямлять спину, необходимо находиться в естественном положении, согнув верхние конечности в локтях и расположив фаланги пальцев по центру ключиц, и максимально разогнуть коленные и тазобедренные суставы. Именно такое

положение пациента позволяет минимизировать влияние компенсаторных механизмов на измерения.

Измерения рентгенологических данных проводили с помощью программного обеспечения Surgimap v.2.3.2.1. Расчет данных включал глобальные параметры – сагиттальную вертикальную ось – расстояние между вертикальной линией от центра тела С7 позвонка и задне-верхним углом тела S1 позвонка, SVA-sagittal vertical axis) и шейно-тазовый угол – угол между вертикальной линией от центра тела С2 позвонка к центру головок бедренных костей и линией от центра верхней замыкательной пластинки S1 позвонка к центру головок бедренных костей, CPA – C2-pelvic angle), также изучили регионарные параметры – поясничный лордоз – угол по Коббу измеряли между верхними замыкательными пластинками L1 и S1 позвонков, LL-lumbar lordosis) и грудной кифоз – угол измеряли по нижним замыкательным пластинкам Th4 и Th12 позвонков, ТК-thoracic kyphosis). Особое внимание уделяли измерению верхней (L1–L4) и нижней (L4–S1) дуг поясничного лордоза, вычисляя для каждого пациента дооперационный и послеоперационный индекс распределения лордоза (lordosis distribution index – LDI). Также измеряли величину тазовых параметров: рассчитывали угол наклона крестца (угол между горизонтальной линией и линией, соединяющей передний и задний края верхней замыкательной пластинки S1 позвонка, SS – sacral slope), наклон таза (угол между вертикальной линией к центру головок бедренных костей и линией, соединяющей центр головок бедренных костей и центр верхней замыкательной пластинки S1 позвонка, PT – pelvic tilt), тазовый индекс (угол между перпендикулярной линией к центру замыкательной пластинки S1 позвонка и линией от центра замыкательной пластинки S1 позвонка к центру головок бедренных костей, PI – pelvic incidence). Также измеряли локальный пояснично-крестцовый угол (угол между линией, проходящей через задний край тела S1 позвонка и нижней замыкательной пластинкой L5 позвонка, LSA – lumbo-sacral angle) и угол смещения позвонка (угол по Коббу между нижней замыкательной пластинкой L5 позвонка и верхней замыкательной пластинкой S1 позвонка) (Рисунок 3).

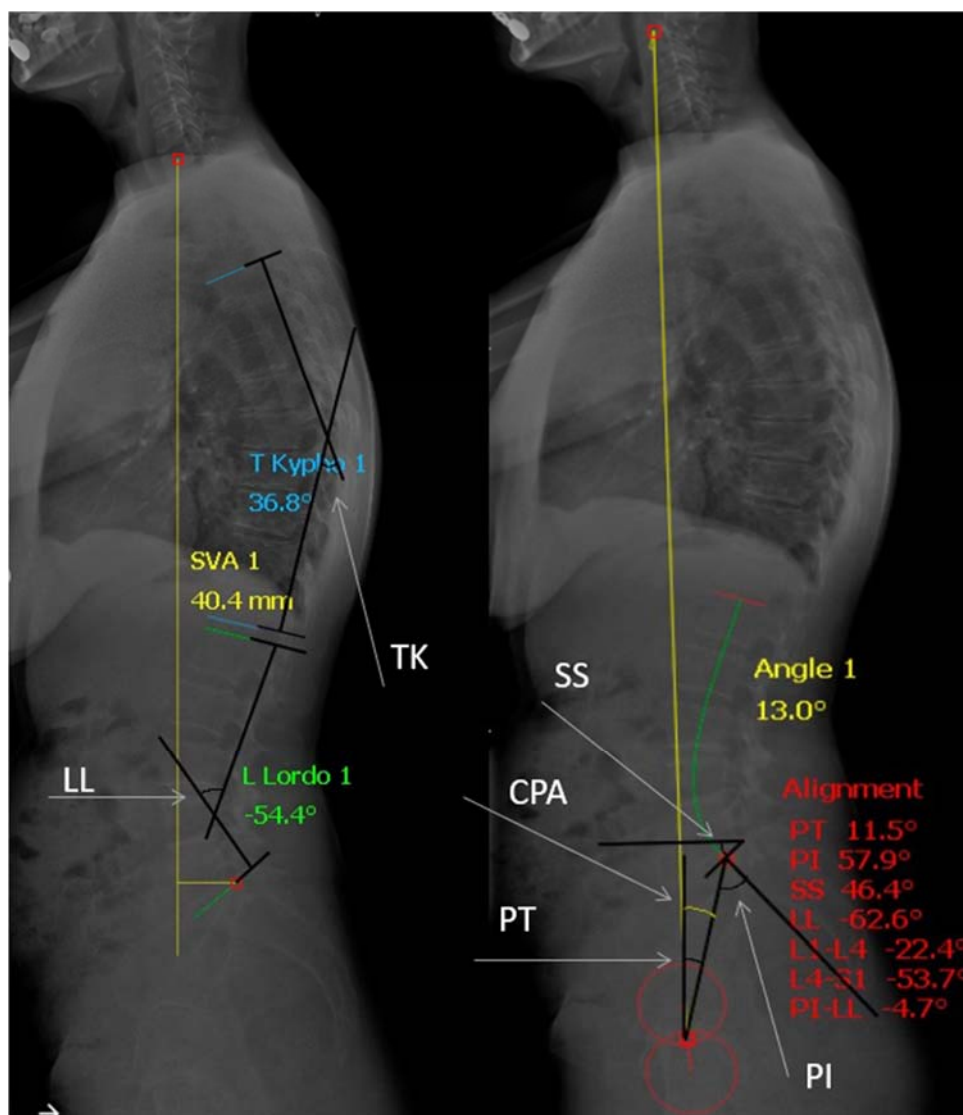


Рисунок 3 - Измерение параметров сагиттального профиля по результатам телерентгенограммы всех отделов позвоночника с захватом головок бедренных костей в боковой проекции. Измерение величины поясничного лордоза (LL), грудного кифоза (ТК), сагиттальной вертикальной оси (SVA), угла наклона крестца (SS), наклона таза (PT), тазового индекса (PI), шейно-тазового угла (CPA) указаны белыми стрелками

*Мультиспиральная компьютерная томография.* Компьютерная томография является важным инструментом в диагностике, предоперационном планировании и динамическом наблюдении пациентов с ИС. В нашем исследовании мы применяли её для уточнения характера дефекта межсуставной части дуги позвонка (во всех 124 (100%) случаях отмечался двухсторонний дефект межсуставной части дуги позвонка), а также для исключения признаков диспластического спондилолистеза (куполообразная форма замыкательной пластинки S1 позвонка,

наличие дефекта задних отделов позвонка вне межсуставной части дуги).

В ходе предоперационного планирования использовали томограммы для расчета теоретической длины транспедикулярных фиксаторов, а также размеров межтелового имплантата. Плотность костной ткани определяли, используя предоперационные КТ-изображения. На срезах в аксиальной проекции определяли единицы Хаунсфилда на уровне ножек дуг позвонков, а также в нижней четверти тела вышележащего и в верхней четверти нижележащего позвонков, используя программное усреднение по срезу. Среднюю величину между измерениями принимали как отражение плотности костной ткани у пациента (Рисунок 4) [69].

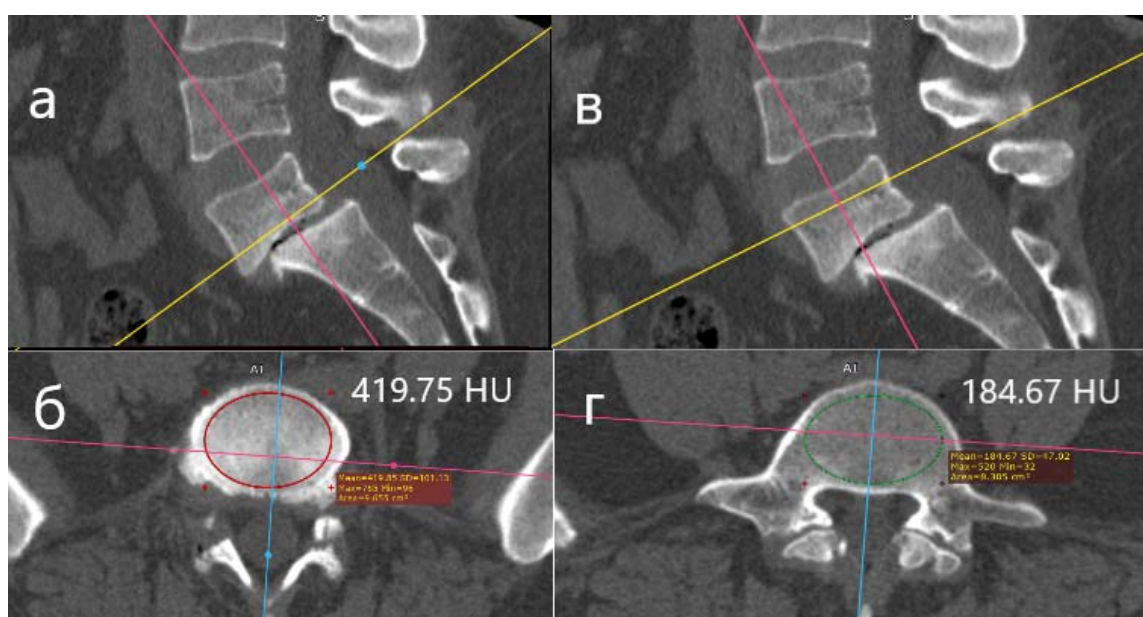


Рисунок 4 - Изучение плотности кости методом измерения единиц Хаунсфилда (HU) в 3D MPR режиме просмотра компьютерных томограмм: а, в – уровни срезов на сагиттальной проекции; б, г – выделение области для замера количества единиц Хаунсфилда

*Магнитно-резонансная томография.* Проведение МРТ является вспомогательным методом для диагностики ИС. В нашем исследовании МРТ была выполнена в 106 (85,5%) случаях. Данный метод обладает большой информативностью, на этапе амбулаторного приема позволяет исключить наличие объемных образований, воспалительных изменений, оценить степень дегенеративно-дистрофических изменений других сегментов позвоночника.

В нашем исследовании в 48 (38,7%) случаях оценивали состояние

паравертебральной мускулатуры пациентов по результатам предоперационной МРТ. Основываясь на предыдущем исследовании Stanuszek A. и соавт., площадь поперечного сечения большой поясничной мышцы измеряли на уровне межпозвонкового диска L4–L5 с обеих сторон, вычисляли среднее арифметическое. Затем измеряли площадь поперечного сечения межпозвонкового диска L4–L5 и вычисляли отношение размера поясничной мышцы к площади сечения межпозвонкового диска для учета конституциональных особенностей пациента [122]. Жировую инфильтрацию параспинальных мышц (*m. multifidus*, *m. erector spinae*) оценивали по шкале, адаптированной Кjaер Р. и соавт. [20] (Рисунок 5).

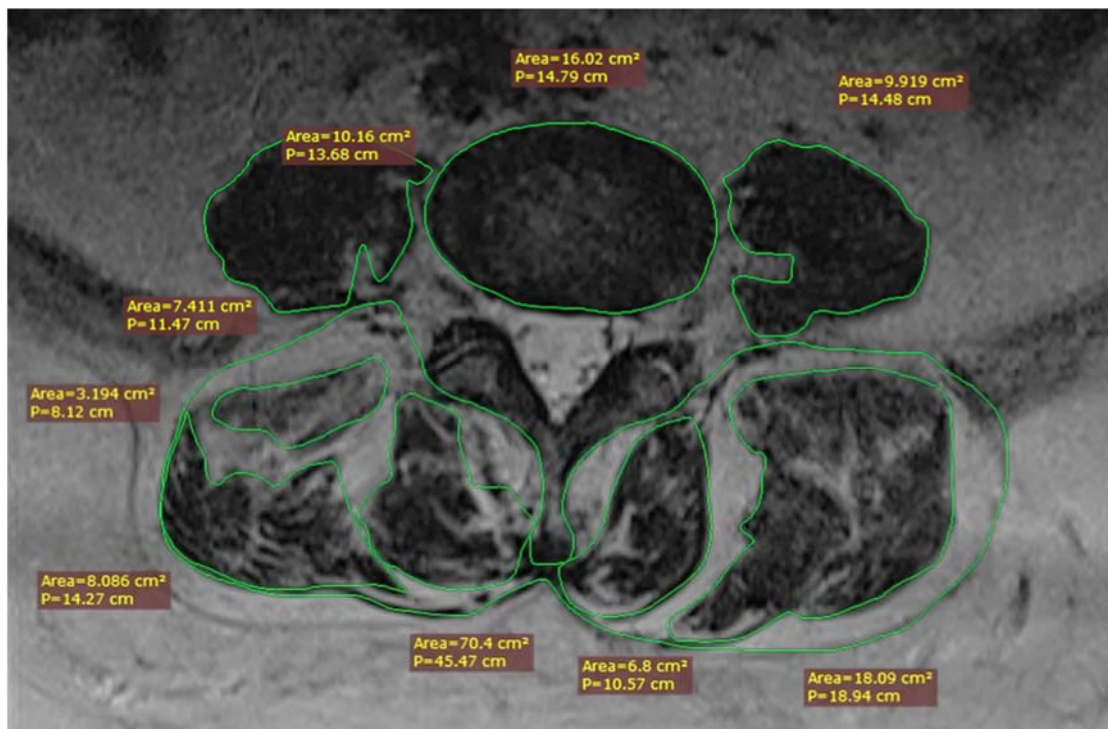


Рисунок 5 – Измерение площади поперечного сечения *m. psoas major*, межпозвонкового диска, степени жировой инфильтрации мышц на аксиальной проекции магнитно-резонансной томограммы

### 2.3 Методика оперативного вмешательства

Всем пациентам выполняли декомпрессивно-стабилизирующие вмешательства с TLIF и полной или частичной нефорсированной редукцией смещенного позвонка из миниинвазивного или открытого доступа.

Под эндотрахеальным наркозом, в положении пациента на животе



осуществляли задний параспинальный межмышечный или срединный оперативный доступ к пораженному позвоночно-двигательному сегменту [36]. Разрез выполняли в 3–4 см от средней линии со стороны наиболее выраженного болевого синдрома либо по средней линии. Использовали систему миниинвазивных тубулярных расширителей различных производителей в случае минимально инвазивного доступа по Wiltse. Посредством последовательной миодилатации или скелетизации осуществляли доступ к межпозвонковому суставу, межсуставной части дуги позвонка. Далее выполняли флюороскопический контроль анатомической локализации. Дальнейшие этапы оперативного вмешательства проводили под контролем операционного микроскопа. С помощью костных кусачек либо высокооборотистой дрели с диаметром бура от 1 до 5 мм удаляли нижний суставной отросток, часть верхнего суставного отростка до верхней границы ножки нижележащего позвонка. Все удаленные костные фрагменты сохраняли и использовали для межтелового спондилодеза. С помощью микрохирургического инструментария производили удаление желтой связки, диссекцию дурального мешка и двух корешков спинномозговых нервов (проходящего и выходящего). Через безопасную зону (снизу и медиально проходящий нервный корешок, сверху и латерально выходящий нервный корешок) с помощью конхотомов и ложечек выполняли удаление межпозвонкового диска и проводили подготовку замыкательных пластин. После этого производили подбор дистрактора (от 6 до 15 мм) и его установку. Благодаря увеличению межтелового промежутка, выполненной декомпрессии и дистракции смещенного позвонка меняли угол его смещения, позвонок становился более мобильным. Одновременно с этим выполняли введение транспедикулярных винтов через ножки дужек в тела соответственно смещенного и нижележащего позвонков на стороне, противоположной стороне TLIF. Подбор размера винта проводили до операции посредством измерения оптимальной траектории его введения через ножку позвонка с помощью данных КТ. Выполняли фиксацию предызогнутого стержня (длиной 40–45 мм) в головке нижележащего винта, после чего производили фиксацию с одновременной редукцией положения смещенного позвонка путем

«подтягивания» позвонка к фиксированному предызогнутому стержню (патент на метод нефорсированной редукции № 2777246). Выполненную коррекцию подтверждали флюороскопически. После извлечения дистрактора выполняли межтеловой спондилодез. Для этого использовали межтеловые полиэфирэфиркетоновые имплантаты, длину которых вычисляли, анализируя максимальный и минимальный диаметры замыкательных пластин смежных позвонков, высоту подбирали с учетом величины используемого дистрактора (8–14 мм). В качестве наполнения использовали аутокость, полученную в ходе фасетэктомии. Производили установку транспедикулярных винтов на стороне межтелового спондилодеза. Сначала фиксировали нижний позвонок, а затем редуцировали остаточное смещение за счет «подтягивания» позвонка к фиксированному предызогнутому стержню, как описывалось выше. В последнюю очередь выполняли компрессию системы, позволяющую задать оптимальные анатомические взаимоотношения в фиксированных позвонках. Положение межтелового импланта и транспедикулярной системы, а также оценку выполненного вправления позвонка подтверждали флюороскопически (Рисунок 6). Рану ушивали стандартным способом.

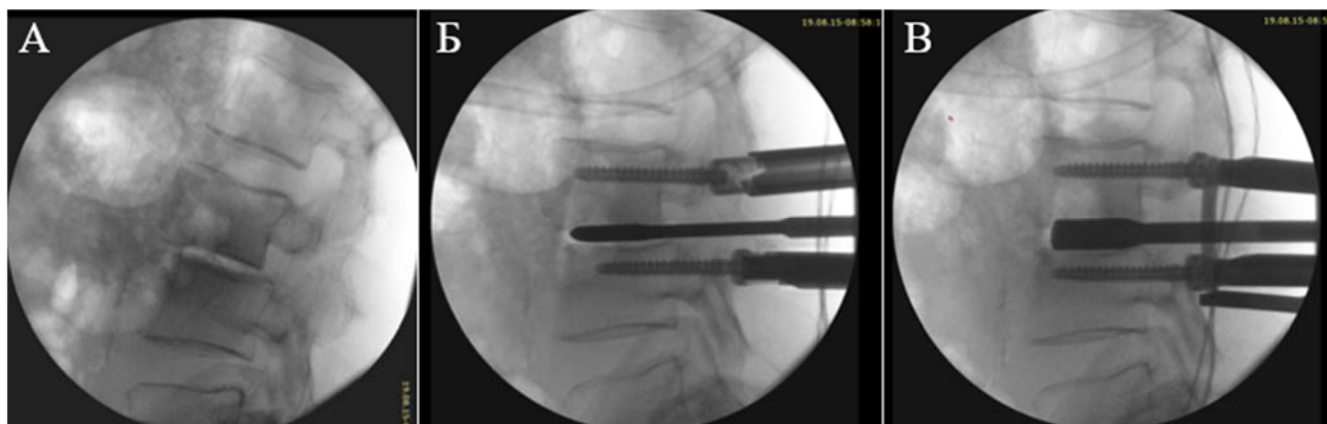


Рисунок 6 - Этапы выполнения нефорсированной редукции на установленном межтеловом дистракторе: А – боковая спондилограмма до вправления позвонка; Б – установка транспедикулярных винтов в тела смещенного и нижележащего позвонков, дистрактора в межтеловой промежуток; В – мобилизация смещенного позвонка с помощью дистрактора, редукция путем установки и фиксации стержня



## **2.4 Характеристика этапов исследования**

### **2.4.1 Изучение особенностей сагиттального баланса**

Для изучения особенностей сагиттального баланса у пациентов с ИС низкой степени до и после хирургического лечения на первом этапе были отобраны 35 пациентов. Средний возраст пациентов составил  $45,4 \pm 13,6$  года. У всех пациентов отмечалось смещение L5 позвонка. Дополнительным критерием включения на данном этапе было наличие постуральной рентгенографии всех отделов позвоночника до и через 3 месяца после операции. Постуральные рентгенограммы выполнялись пациентам в исследуемой группе до оперативного лечения и через 3 месяца после операции.

Для оценки особенностей параметров пациентов с ИС низкой степени до операции проводили сравнение вышеперечисленных измерений с показателями сагиттального баланса, приведенными в исследованиях асимптомных когорт пациентов различных авторов [32, 108, 138].

Через 3 месяца после операции проводили повторные измерения всех параметров и поиск корреляционной связи между выявленными изменениями.

### **2.4.2 Анализ факторов, влияющих на формирование костного блока**

Клинические наблюдения, отобранные для изучения факторов, влияющих на формирование костного блока, были проанализированы на втором этапе исследования. Дополнительными критериями отбора стали наличие архива инструментальных методов исследования и катамнез в течение 12 месяцев после хирургического лечения.

Средний возраст пациентов составил  $48,8 \pm 13,6$  года. У 39 (95%) пациентов отмечалось смещение L5 позвонка, у 2 (5%) – L4 позвонка. Степень смещения оценивалась по данным рентгенографии согласно классификации Меердинга: 1-я степень – 16 (39%) пациентов, 2-я степень – 25 (61%) пациентов.

Через 12 месяцев после операции проводили оценку формирования костного блока по данным КТ согласно модифицированной шкале Christensen, где 1-й степени соответствовали костные мостики между телами позвонков, занимающие

>30% площади замыкательных пластинок, 2-й степени – менее 30%, 3-й степени – отсутствие костных мостиков без признаков разряжения кости, 4-й – отсутствие костных мостиков и признаки разряжения кости, 5-й степени – псевдоартроз (кистозные полости, краевое разряжение кости вокруг фиксирующей системы и межтелового имплантата) (Рисунок 7) [73].

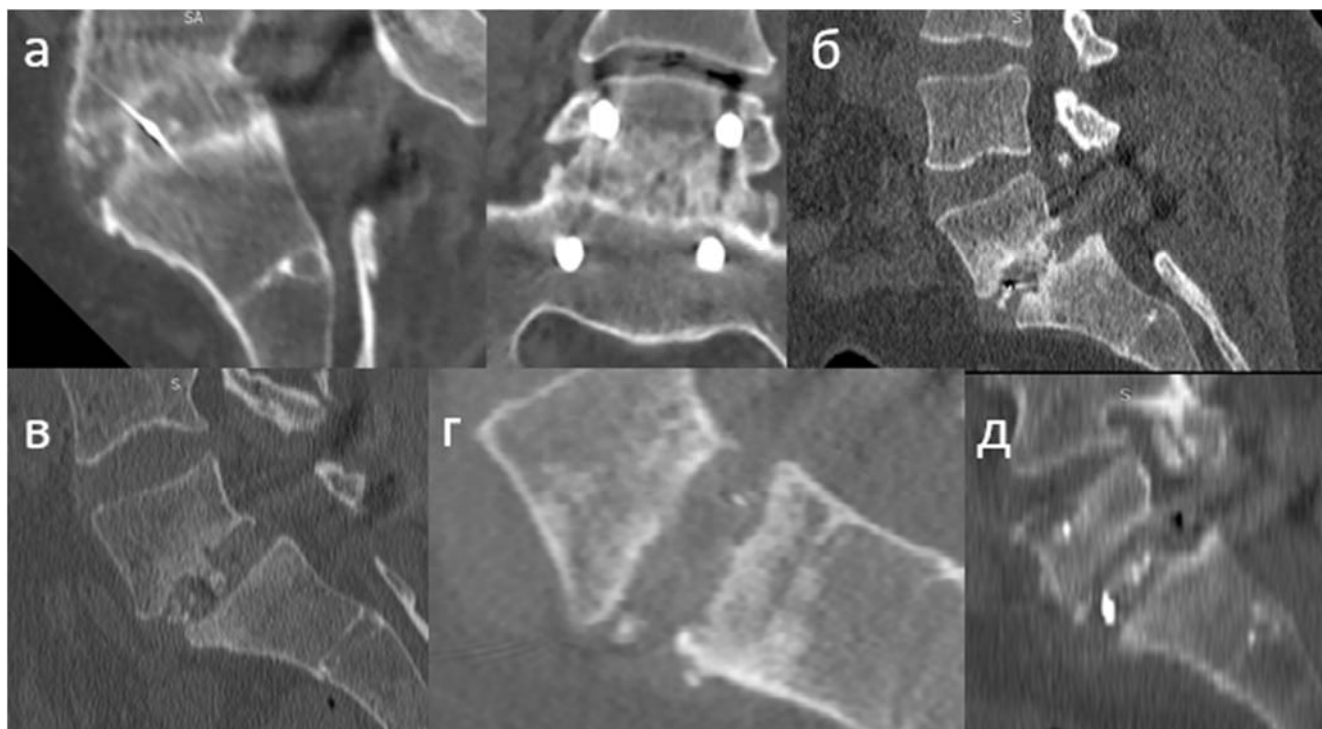


Рисунок 7 - Степени формирования костного блока по результатам компьютерных томограмм: а – первая степень (А1), б – вторая степень (А2), в – третья степень (А3), г – четвертая степень (А4), д – пятая степень (А5)

Анализ влияния факторов проводили в двух группах пациентов, выделенных по признаку формирования костного блока. К 1-й группе относили пациентов с А1, А2 степенью формирования блока по Christensen, ко 2-й группе – А3, А4, А5.

Оценивали влияние пола, возраста, наличия ожирения, курения, длительного приема НПВС, величины остаточного смещения позвонка после операции, высоты межтелового промежутка после операции, плотности костной ткани, коэффициентов наполнения транспедикулярным винтом тела и ножек позвонка на формирование костного блока.

Данные пола, возраста, роста и веса были получены путем анализа историй болезни. Ожирением считали состояние, при котором индекс массы тела (ИМТ)

превышал 30 кг/м<sup>2</sup>. Анализ длительности приема НПВС проводили через 12 месяцев наблюдения. Длительным считали прием >3 месяцев.

Высоту межтелового промежутка измеряли в трех точках на сагиттальном срезе на КТ после операции: по переднему краю замыкательных пластинок, у заднего края, а также по центру между замыкательными пластинками. Среднее между данными величинами считали значением высоты межтелового промежутка [101].

Индекс наполнения транспедикулярным винтом ножек позвонка и относительная длина винта в теле позвонка показывают количество трабекул вокруг винта. Измеряли эти величины по результатам послеоперационных КТ-изображений. Относительную длину винта рассчитывали как процентное отношение длины установленного винта к максимально возможной длине на аксиальных изображениях (Рисунок 8). Индекс наполнения ножки позвонка рассчитывался по методу Otsuki В. и соавт., который заключается в измерении диаметров ножки позвонка и установленного винта с дальнейшим вычислением разности квадратов данных величин (Рисунок 9) [118].

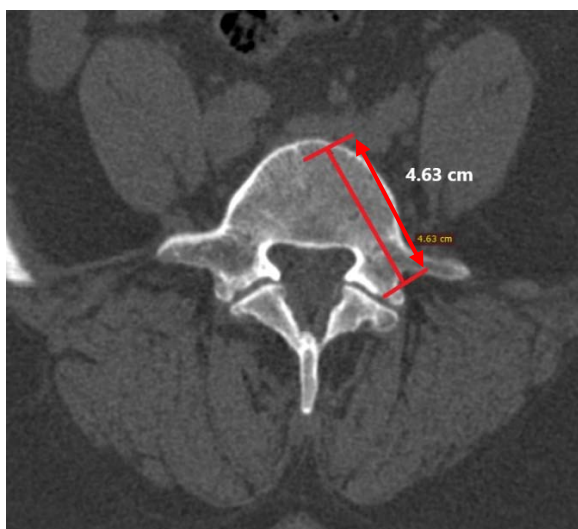


Рисунок 8 - Измерение относительной длины транспедикулярного винта на аксиальной проекции компьютерной томограммы

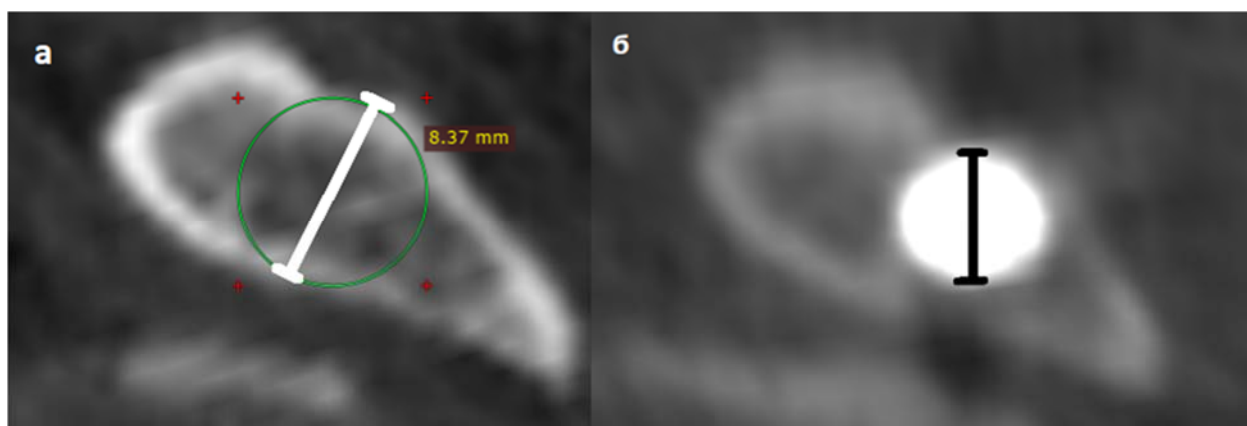


Рисунок 9 - Измерение индекса наполнения ножки позвонка винтом на коронарной проекции по результатам компьютерной томографии: а – расчет минимального размера ножки позвонка до операции; б – измерение диаметра использованного транспедикулярного винта после операции

### 2.4.3 Оценка функционального исхода

Для оценки факторов, способных повлиять на степень выраженности нарушений функциональной адаптации у пациентов с ИС низкой степени после хирургического лечения, на третьем этапе исследования были отобраны 48 пациентов. Дополнительным критерием включения было наличие катамнеза 12 месяцев и более после хирургического лечения с проведением анкетирования по шкалам Освестри и Макнаб.

Средний возраст пациентов в данной группе составил  $46,9 \pm 10,3$  лет. У 42 (87,5%) пациентов отмечалось смещение L5 позвонка, у 5 (10,4%) – смещение L4 позвонка, у 1 (2,1%) – L3 позвонка. Первая степень смещения позвонка наблюдалась у 18 (37,5%) пациентов, вторая степень – у 30 (62,5%) пациентов. Медиана длительности наблюдения за пациентами составила 25,5 (18,3) месяцев.

Оценивали влияние на степень функциональной дезадаптации таких факторов, как пол, наличие ожирения, курение, величина редукции позвонка, высота межтелового промежутка после операции, площадь поперечного сечения большой поясничной мышцы, степень жировой инфильтрации параспинальных мышц, а также данные о функциональном статусе пациентов до операции.

Оценку влияния качественных критериев проводили в группах пациентов, разделенных по принципу наличия или отсутствия каждого из факторов.

Осуществляли поиск корреляции между количественными факторами риска и исходами по шкале Освестри. Кроме того, проводили межгрупповой анализ на основании результатов по модифицированной шкале Макнаб.

## 2.5 Статистическая обработка данных

Анализ полученных данных, а также проверку гипотез проводили различными методами дескриптивной и индуктивной статистики. Все вычисления выполняли на персональном компьютере с операционной системой Microsoft Windows 12, с помощью программ Microsoft Office 365 Excel и Jamovi версии 2.2.5. В проведенном исследовании были использованы количественные, качественные и порядковые (ранговые) данные. Для анализа нормальности распределения количественных величин опирались на критерий Шапиро–Уилка и графическое представление данных. Для представления количественных данных с нормальным распределением использовали среднее значение и указывали стандартное отклонение. Для количественных величин с ненормальным распределением обозначали медиану и межквартильный размах. Для сравнения количественных данных с нормальным распределением в независимых группах использовали t-критерий Стьюдента, для количественных данных с ненормальным распределением, а также для анализа ранговых величин в независимых выборках – критерий Манна–Уитни. Для сравнения количественных переменных с ненормальным распределением в более чем двух группах применяли критерий Краскелла–Уоллиса, нормально распределенных данных – критерий Ньюмена–Кейлса. При анализе качественных данных в независимых выборках использовали критерий  $\chi^2$ . С целью оценки изменений параметров радиологических измерений в динамике до и после оперативного вмешательства использовали критерий знаковых рангов Уилкоксона, а для оценки разницы ранговых значений – критерий Мак–Немара. Для оценки наличия связи количественных данных применяли методики корреляционного анализа, а именно – изучали коэффициенты Спирмена для величин с ненормальным распределением и Пирсона для количественных данных с нормальным распределением. Для определения порогового значения для

бинарного исхода использовали анализ ROC – кривых и определяли Positive Predictive Value (PPV). Для проведения многофакторного анализа с бинарным исходом использовали методы бинарной логистической регрессии. С целью определения степени увеличения шанса неблагоприятного исхода для отдельно взятых факторов использовали отношение шансов – odds ratio (OR). Определяли также величину дисперсии выборки для объяснения потенциальной доли исхода, учитывая применение прогностической модели сочетания факторов. Долю дисперсии отражали с помощью коэффициента Найджелкерка ( $R^2N$ ).

## ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 3.1 Особенности сагиттального профиля у пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени до и после хирургического лечения

Известно, что при ИС высокой степени наблюдаются изменения параметров сагиттального профиля. В одних случаях они могут повлиять на характеристики лишь регионарного баланса, в других – способны грубо менять показатели глобального сагиттального отношения. Чаще всего наблюдаемые изменения вызывают активацию адаптационных механизмов, которые необходимы для поддержания вертикального положения с минимально возможной активацией мышц – стабилизаторов.

В своей работе мы оценили характеристики сагиттального баланса у пациентов с ИС низкой степени. В исследуемой группе пациентов величина смещения позвонка составила в среднем  $10,4 \pm 4,9$  мм, угол смещения –  $6,2 \pm 5,86^\circ$ . Значение локального показателя LSA составило  $117^\circ$  (10,9). Высота межтелового промежутка на уровне смещенного позвонка в среднем была равна  $4,2 \pm 1,95$  мм, при этом в 12 случаях – не превышая 2 мм, что, несомненно, оказывает влияние на локальные параметры. Невысокие значения угла смещения, а также показателя локального пояснично-крестцового угла объясняются низкой степенью смещения позвонка в изученной группе пациентов.

Применив классификацию SDSG оказалось, что в исследуемой группе выявлено 12 (34,3%) пациентов со вторым типом по SDSG и 23 (65,7%) – с третьим типом по SDSG. Необходимо отметить, что в нашем исследовании не наблюдалось пациентов с первым типом по SDSG, где  $PI < 45^\circ$ . Распределение пациентов представлено на диаграмме (Рисунок 10).

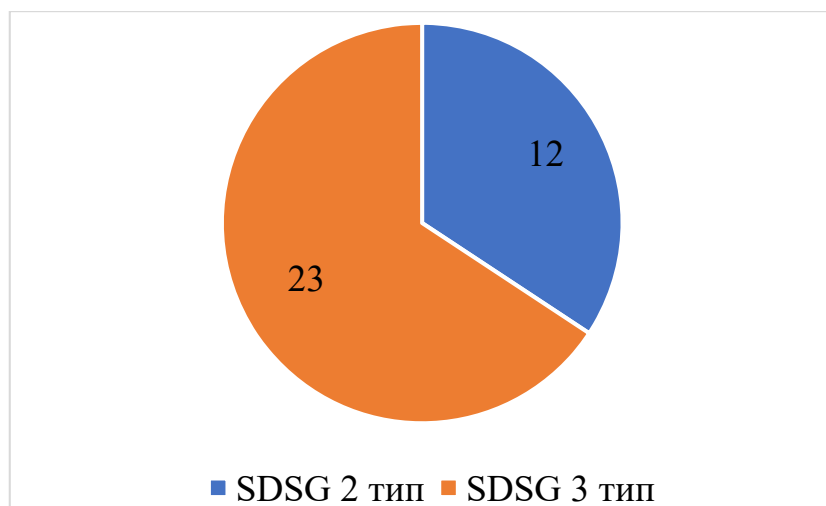


Рисунок 10 - Распределение пациентов по типам SDSG

Для оценки глобального сагиттального профиля мы проводили измерение значений SVA и CPA. В нашем исследовании среднее значение SVA составило  $9,55 \pm 29,2$  мм. Значение параметра свидетельствует о скомпенсированном характере глобального сагиттального баланса. Данное наблюдение подтверждается значением CPA в  $17,9 \pm 6,51^\circ$ , что также не превышает допустимые значения.

Среднее значение LL в нашей группе составило  $64,4 \pm 10,2^\circ$ , при этом в подгруппе со вторым типом по SDSG поясничный лордоз в среднем был равен  $57,5 \pm 11,0^\circ$ , а в группе с третьим типом –  $68,2 \pm 53,5^\circ$ . Статистический анализ не позволил выявить значимого отличия ( $p=0,586$ ). Анализируя показатель поясничного лордоза в исследуемой группе, нужно отметить, что, несмотря на высокое значение данного параметра по сравнению с группой асимптомных пациентов, значимое отклонение отсутствовало (Рисунок 11).

Для выявления особенностей распределения угла поясничного лордоза между позвоночно-двигательными сегментами анализировали величину лордоза для верхней (L1–L4) и нижней (L4–S1) дуг. Так, оказалось, что средняя величина верхней дуги лордоза составляла  $19,9 \pm 15,0^\circ$ , в то время как нижней дуги –  $46,9 \pm 3,01^\circ$ .

Таким образом, среднее значение распределения лордоза до операции составляло  $74,5 \pm 15,9\%$ .



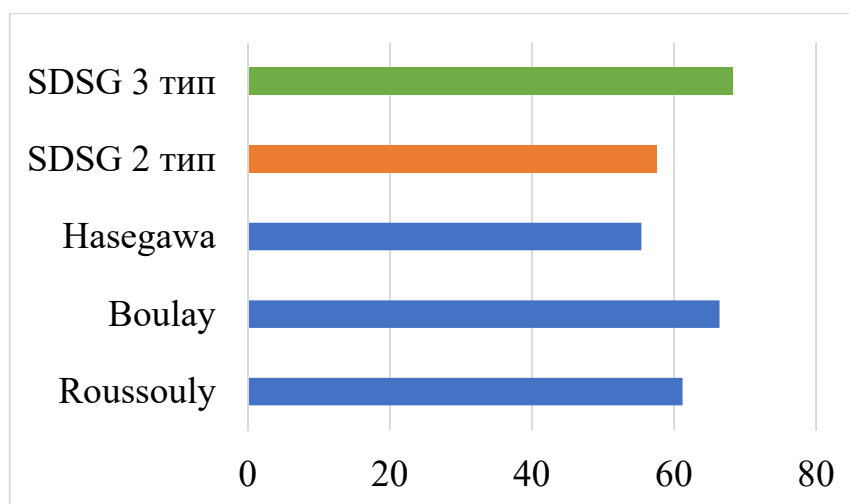


Рисунок 11 - Сравнение показателя поясничного лордоза с данными, приведенными в мировой литературе

В то же время в нашем исследовании средний показатель ТК составлял  $31,3 \pm 13,5^\circ$ , в группе пациентов со вторым типом по SDSG –  $30,3 \pm 7,0^\circ$ , а с третьим типом –  $31,6 \pm 5,16^\circ$  ( $p=0,854$ ). Полученные данные демонстрируют соответствие показателя низким значениям в группах пациентов без симптоматики (Рисунок 12).

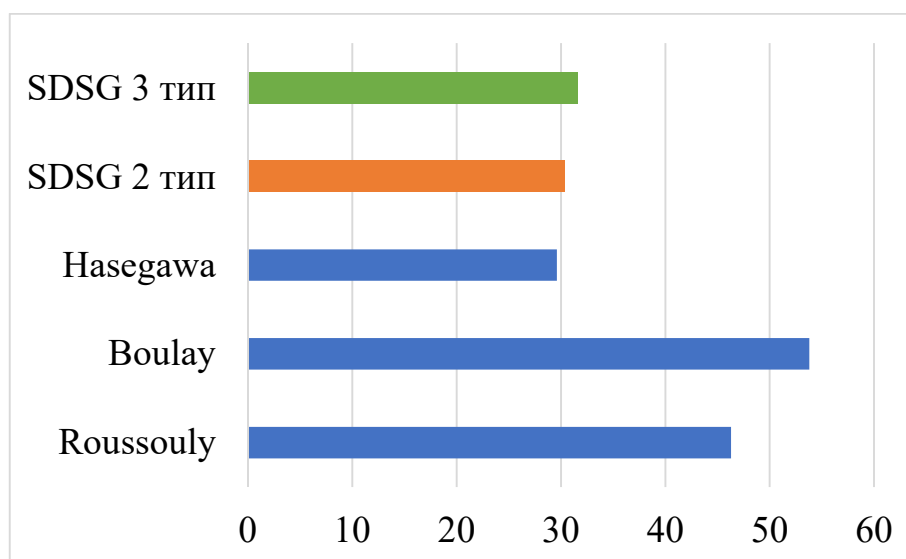


Рисунок 12 - Сравнение показателя грудного кифоза с данными, приведенными в мировой литературе

Высокие показатели поясничного лордоза и низкие показатели грудного кифоза могут свидетельствовать о более значимой роли тазовых параметров в компенсации сагиттального дисбаланса.

Позвоночно-тазовые параметры традиционно являются самыми

востребованными в оценке сагиттального профиля у пациентов с ИС.

При изучении данных параметров мы отметили значимо более высокие значения PI, PT, SS в группе пациентов с ИС низкой степени, соответствующие таковым значениям асимптомных пациентов с 4-м морфотипом глобального сагиттального профиля по Roussoly P. (Рисунок 13).

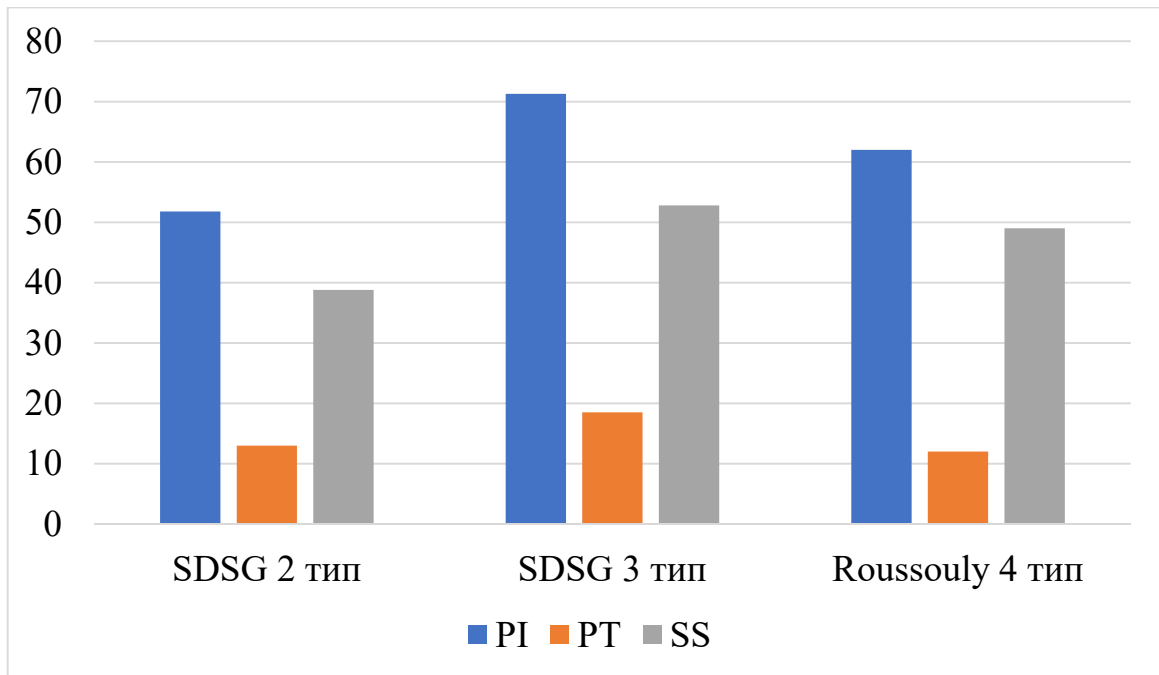


Рисунок 13 - Сравнение показателей PI, PT, SS исследуемой группы со средними значениями пациентов с 4-м морфотипом сагиттального баланса по Roussoly P.

Скомпенсированный характер изменений подтверждается оценкой несоответствия PI–LL, при которой мы не выявили превышения границ в  $\pm 10^\circ$  (среднее значение в нашем исследовании составило  $1,2 \pm 9,35^\circ$ ).

Изучили связь между параметрами глобального и регионарного сагиттального баланса и выявили наличие обратной корреляционной связи между PT и LSA ( $\rho = -0,521$ ;  $p = 0,006$ ), PI и LSA ( $\rho = -0,631$ ;  $p < 0,001$ ), SS и LSA ( $\rho = -0,446$ ;  $p = 0,022$ ), прямой корреляционной связи между PI и LL ( $\rho = 0,629$ ;  $p < 0,001$ ). Значимой корреляционной связи между SVA и показателями тазового баланса выявлено не было.

Для оценки изменений сагиттального баланса после хирургического лечения были проведены контрольные измерения параметров при контрольном визите (Рисунок 14).

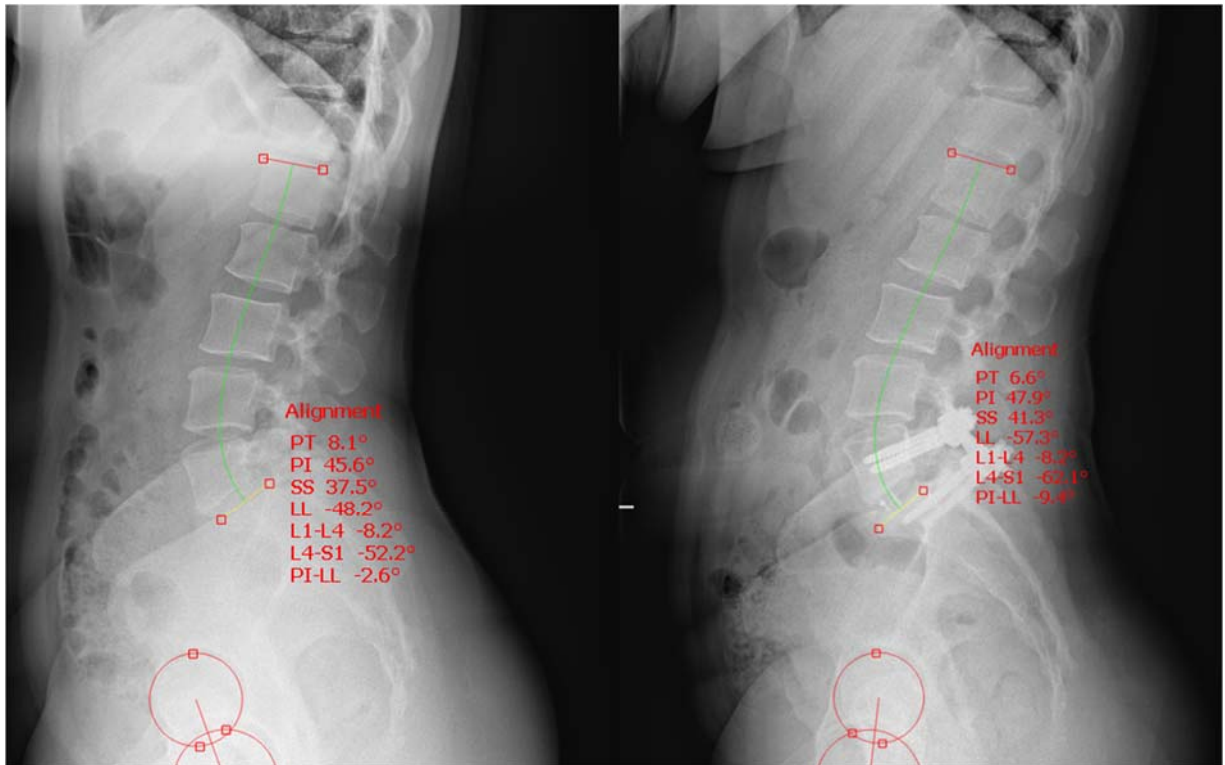


Рисунок 14 - Оценка контрольной телерентгенограммы по сравнению с дооперационным исследованием

В исследуемой группе пациентов парциальную или полную редукцию позвонка удалось достичь во всех 35 случаях. Величина смещения позвонка после операции составила в среднем  $3,72 \pm 3,63$  мм, при этом угол смещения –  $2,1 \pm 1,3^\circ$ . Различия в обоих показателях оказались статистически значимыми ( $p=0,006$  и  $p=0,042$  соответственно). Стоит обратить внимание на то, что значение локального показателя LSA после операции составило  $92 \pm 11,6^\circ$ , а изменение оказалось статистически значимым ( $p=0,041$ ).

Среднее значение LL после операции в группе пациентов со вторым типом по SDSG составило  $61,5 \pm 16,0^\circ$ , а с третьим типом –  $66,8 \pm 25,2^\circ$ , в то время как ТК у пациентов со вторым типом –  $32,9 \pm 8,39^\circ$ , а с третьим типом –  $33,6 \pm 7,26^\circ$ . Отмечено, что среди пациентов со вторым типом ИС по SDSG наблюдается тенденция к увеличению показателя поясничного лордоза, в то время как у пациентов с третьим типом – уменьшение. Вместе с тем величина грудного кифоза в обеих группах практически не меняется. Однако данные параметры не демонстрируют статистической значимости изменений по сравнению с дооперационными

показателями ( $p=0,479$ ,  $p=0,829$ ,  $p=0,856$ ,  $p=0,912$  соответственно).

Отдельно были проанализированы показатели верхней и нижней дуг лордоза и индекс распределения лордоза после операции. Так, средняя величина верхней дуги лордоза составила  $19,4 \pm 14,3^\circ$ , нижней дуги –  $44,6 \pm 6,35^\circ$ . Изменения оказались статистически незначимыми ( $p=0,554$  и  $p=0,430$  соответственно). Значение распределения лордоза изменилось также статистически незначимо ( $p=0,470$ ), составляя после операции  $71,8 \pm 11,4\%$ .

У всех пациентов отдельные тазовые параметры изменились после хирургического лечения. Так, SS увеличился в обеих группах в среднем до  $44,5 \pm 13,1^\circ$  у пациентов со вторым типом по SDSG и до  $56,8 \pm 17,6^\circ$  – среди пациентов с третьим типом ( $p=0,125$  и  $p=0,207$  соответственно), в то время как PT в группе пациентов со вторым типом уменьшился в среднем до  $12,4 \pm 6,94^\circ$ , а в группе с третьим типом – в среднем до  $17,8 \pm 15,3^\circ$ . Оба показателя изменились незначимо ( $p=0,574$  и  $p=0,375$  соответственно). Корреляционной связи между изменениями тазовых модификаторов и изменениями локальных рентгенологических параметров смещенного позвонка выявлено не было. В исследуемой группе также не было отмечено связи уменьшения смещения позвонка со степенью изменения как регионарных параметров, так и в целом с изменением позвоночно-тазового соотношения.

Анализируя данные результаты, можно отметить, что благодаря изменению отдельных тазовых модификаторов, относительному постоянству PI, позвоночно-тазовое соотношение стремилось к оптимальному варианту, при этом значимых изменений отдельных показателей выявлено не было. В основном все значения позвоночно-тазового соотношения менялись в пределах допустимых сбалансированных значений и соответствовали параметрам, свойственным пациентам с 4-м морфотипом глобального сагиттального профиля по Roussouly P.

### **3.2 Факторы, влияющие на формирование костного блока**

В нашей работе проведен анализ формирования костного блока у 41 пациента через 12 месяцев после хирургического лечения и факторов, влияющих на данный

процесс.

Через год после оперативного вмешательства по поводу ИС 1-я степень формирования костного блока (Christensen A1) отмечалась в 22 случаях, 2-я степень (Christensen A2) – в 11 случаях.

Среди пациентов с несформированным костным блоком распределение было следующим: у 4 пациентов отмечалось отсутствие костного блока без признаков разряжения кости (Christensen A3), признаки разряжения кости в области замыкательных пластин – у 2 пациентов (Christensen A4), признаки псевдоартроза – у 2 пациентов (Christensen A5) (Рисунок 15). Пациенты были распределены в группы в зависимости от наличия или отсутствия костного блока.

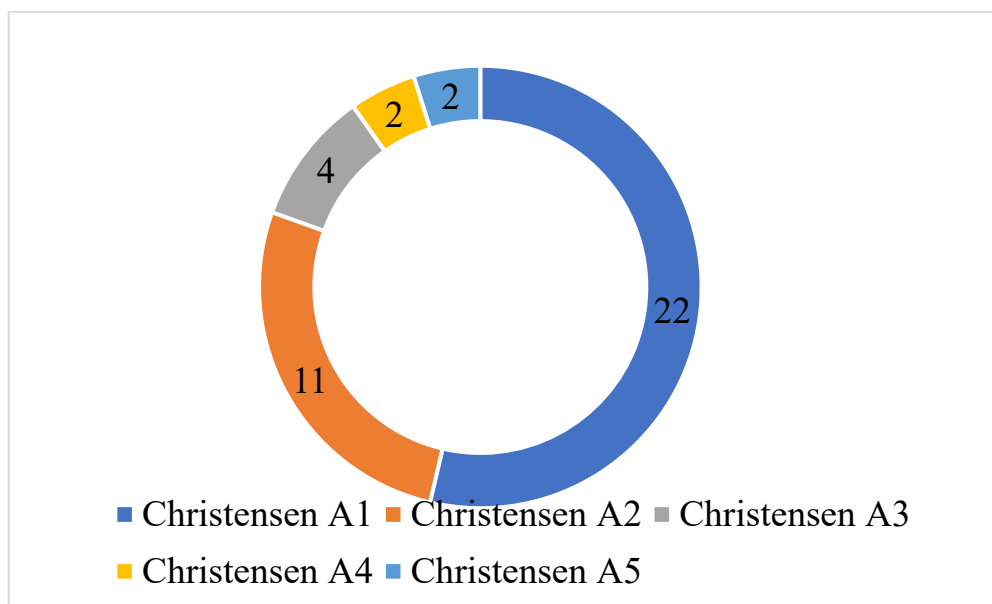


Рисунок 15 - Распределение пациентов по признаку формирования костного блока в исследуемой группе

Таким образом, 1-я группа (Christensen A1, A2) включала 33 пациента (11 мужчин, 22 женщины) в возрасте  $48,5 \pm 14,2$  лет; 2-я группа (Christensen's A3, A4, A5) включала 8 пациентов (5 мужчин, 3 женщины) в возрасте  $48,9 \pm 11,1$  лет (Рисунок 16).

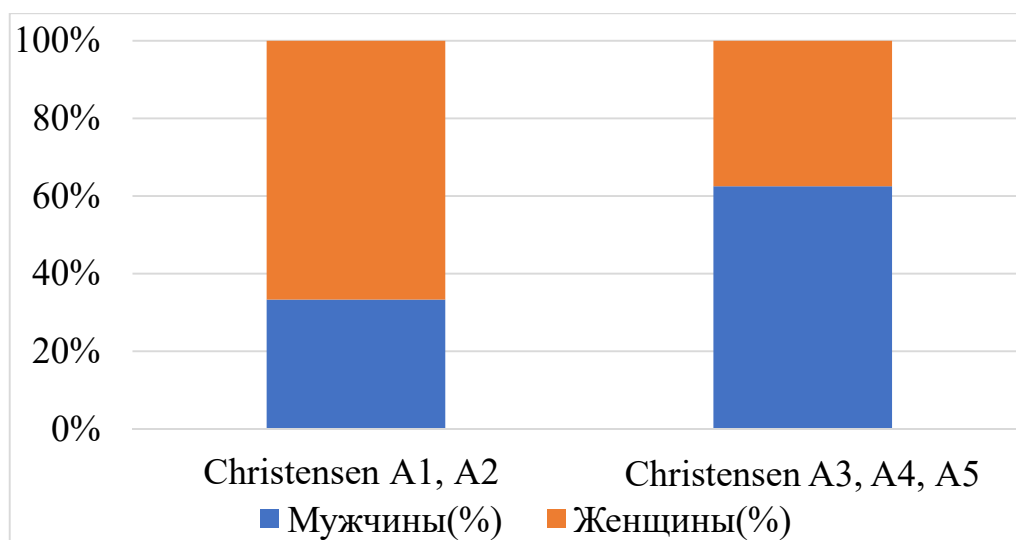


Рисунок 16 - Распределение пациентов по полу в исследуемых группах

В целях анализа факторов риска отсутствия формирования костного блока было проведено исследование в данных группах пациентов. Результаты анализа анамнестических данных представлены в таблице 1.

Неоднократно показано, что возраст и пол могут оказывать серьезное воздействие на формирование костного блока. В нашем исследовании в группе со сформированным костным блоком доля мужчин составила 33,3%, в то время как во второй группе 62,5%. Однако данные различия оказались статистически недостоверными, а анализ исхода в зависимости от пола не продемонстрировал статистической значимости ( $p=0,129$ ).

Таблица 1 - Демографические характеристики и факторы, не связанные с хирургическим вмешательством

Фактор	Группа 1	Группа 2	<i>p</i> -value
Пол	11 М 22 Ж	5 М 3 Ж	0,129*
Возраст, лет	48,5±14,2	48,9±11,1	0,943**
Ожирение	8 (24,2%)	5 (62,5%)	0,037*
Курение	6 (18,2%)	4 (50,0%)	0,060*
Длительное использование НПВС	8 (24,2%)	6 (75,0%)	0,007*

\*Использован критерий  $\chi^2$ ; \*\*Использован критерий Стьюдента

Возраст пациентов в 1-й группе составил от 18 до 73 лет (в среднем  $48,5 \pm 14,2$  лет); во 2-й группе минимальный возраст пациентов был 33 года, а максимальный возраст – 73 года (среднее значение  $48,9 \pm 11,1$  лет). Различие в возрасте между сравниваемыми группами оказалось статистически незначимым ( $p=0,943$ ). Также данный результат будет продемонстрирован в случае, если рассматривать средний возраст пациентов в группах, разделенных по степени формирования блока. Единой тенденции при таком анализе отмечено не было (Рисунок 17).

Таким образом, можно прийти к выводу, что в силу возрастных особенностей, а также отсутствия значимой соматической патологии и гормональных нарушений, связанных с полом у пациентов в исследуемой группе, данные факторы не являются важными, как в выборке пациентов, например, с дегенеративным спондилолистезом.

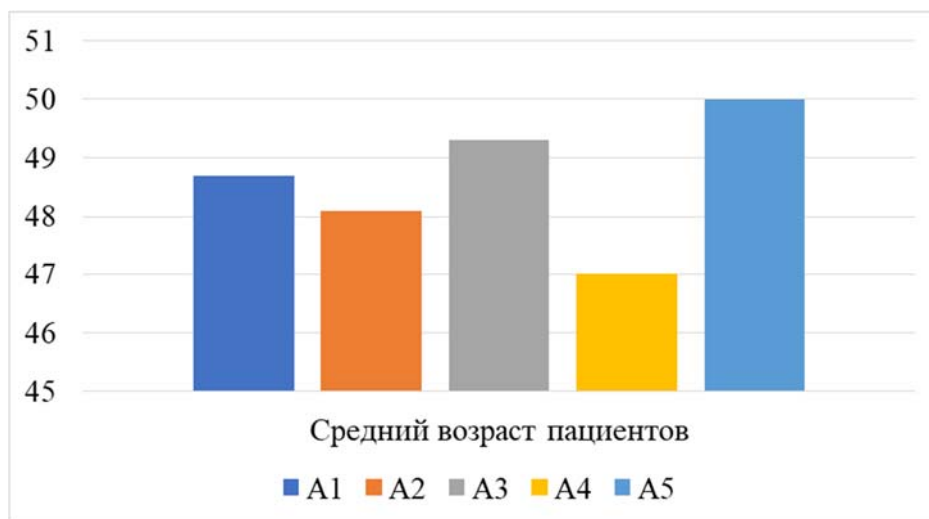


Рисунок 17 - Средний возраст пациентов в группах, распределенных по степени формирования костного блока

Среди 1-й группы курящими оказались 6 (18,2%) пациентов, среди 2-й группы – 4 (50,0%). Несмотря на превосходящее отношение курящих пациентов к некурящим во 2-й группе по сравнению с 1-й группой, различие при однофакторном анализе оказалось статистически незначимым ( $p=0,060$ ).

Анализ наличия ожирения среди пациентов, проходивших хирургическое лечение, позволил выявить интересную зависимость. Количество пациентов с ожирением в 1-й группе составило 8 (24,2%) человек, во 2-й группе – 5 (62,5%).

Статистический анализ подтвердил значимость данного фактора ( $p=0,037$ ) (Рисунок 18). Данная закономерность может быть связана с влиянием общего метаболического синдрома на локальный процесс образования костной ткани в области операции.

Одним из наиболее спорных факторов, рассматриваемых в мировой литературе, является использование нестероидных противовоспалительных препаратов (НПВП) в послеоперационном периоде и их влияние на формирование костного блока. В нашей работе мы выявили, что среди пациентов со сформированным костным блоком 8 (24,2%) из них применяли НПВП более 3 месяцев после оперативного вмешательства, среди пациентов с несформированным костным блоком – 6 (75%). Различие данных показателей оказалось статистически значимым ( $p=0,007$ ).

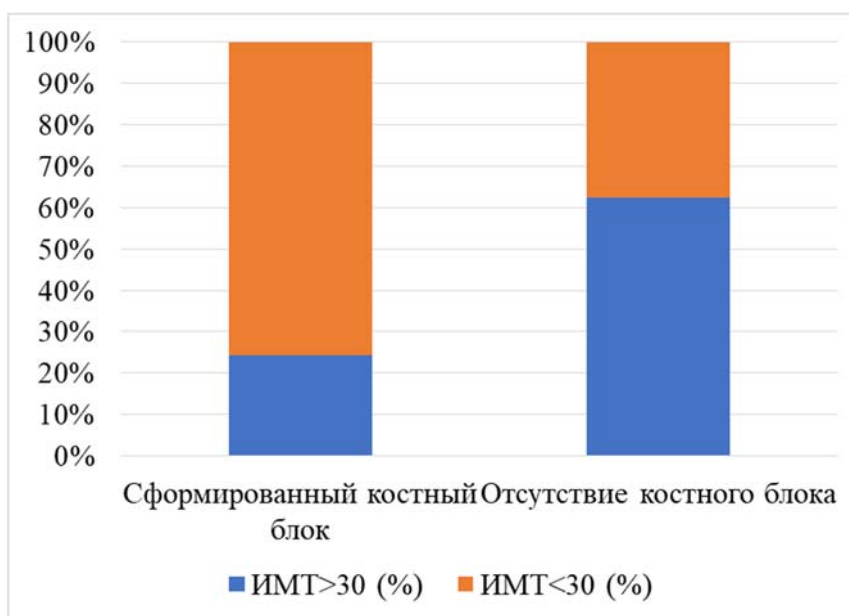


Рисунок 18 - Распределение пациентов с ожирением в исследуемых группах

В своей работе мы оценили влияние плотности кости, среднего остаточного смещения, межтелового промежутка после операции, относительной длины транспедикулярного винта, а также индекс наполнения ножки позвонка на формирование костного блока. Проведенный анализ радиологических параметров исследуемой группы представлен в таблице 2.



Таблица 2 - Радиологические измерения исследуемой группы

Величина	Сформированный костный блок	Отсутствие костного блока	<i>p</i> -value*
Плотность кости (НУ)	304,135±133,896	344,613±141,166	0,452
Среднее остаточное смещение, мм	3,74±3,08	4,14±3,73	0,753
Межтеловой промежуток после операции, мм	7,9±1,68	9,39±3,73	0,095
Относительная длина винта в теле позвонка, %	90,94±5,27	90,99±2,78	0,980
Индекс наполнения ножки позвонка винтом	0,493±0,281	0,611±0,269	0,287

\*Использован критерий Стьюдента

Изученная плотность кости путем определения количества единиц Хаунсфилда в среднем составила 312,24±135,54 НУ, при этом в 1-й группе пациентов (в среднем) – 304,13±133,89 НУ, во 2-й группе – 344,61±141,16 НУ. Статистически значимого различия выявить не удалось ( $p=0,452$ ). Необходимо отметить, что в исследуемой выборке пациентов, в связи с общим молодым возрастом и отсутствием значимой соматической патологии, вероятность наличия остеопении и остеопороза становится низкой. Это подтверждается также тем, что межквартильный размах в исследуемой группе составлял от 227 НУ для 25-го перцентиля и до 350 НУ для 75-го перцентиля. Минимальная костная плотность отмечалась на отметке 175,57 НУ, максимальная – 833,63 НУ. С другой стороны, наличие остеосклероза на уровне операции при ИС является распространенным (Рисунок 19).

Анализ исследуемой группы пациентов позволяет говорить об отсутствии значимого влияния костной плотности на формирование костного блока у пациентов с ИС низкой степени.

Медиана величины проведенной редукции позвонка среди клинических наблюдений, включенных в исследуемую группу, составила 48,6 (45,6%), при этом у 18 (43,9%) пациентов была выполнена полная редукция позвонка, а фиксация *in situ* – у 7 (17,1%). Доля пациентов с проведенной полной редукцией позвонка в

группе со сформированным костным блоком составила 45,45%, в то время как в группе с несформированным костным блоком – 37,5%. Доли пациентов с фиксацией *in situ* были распределены следующим образом: 15,1% в 1-й группе против 25% во 2-й группе (Рисунок 20).



Рисунок 19 - Явление остеосклероза (стрелка) в области тел смещенного и нижележащего позвонков на магнитно-резонансной (слева) и компьютерной (справа) томограммах

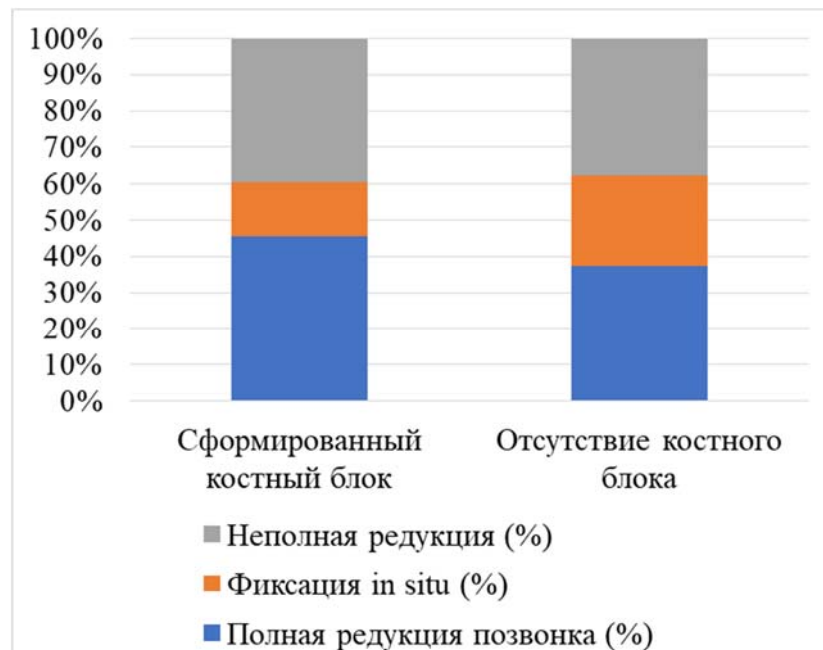


Рисунок 20 - Распределение долей пациентов с проведенной редукцией позвонка в исследуемых группах

В своей работе мы оценили влияние степени редукции на формирование костного блока. Среднее остаточное смещение в 1-й группе составило  $3,74 \pm 3,08$  мм, в то время как во 2-й группе –  $4,14 \pm 3,73$  мм. Несмотря на разницу в абсолютных числах, различие оказалось статистически незначимым ( $p=0,753$ ). Мы также оценили остаточное смещение в группах, разделенных по степени формирования костного блока (Рисунок 21).

Данное наблюдение позволяет говорить об отсутствии влияния величины редукции позвонка при ИС низкой степени на формирование костного блока.

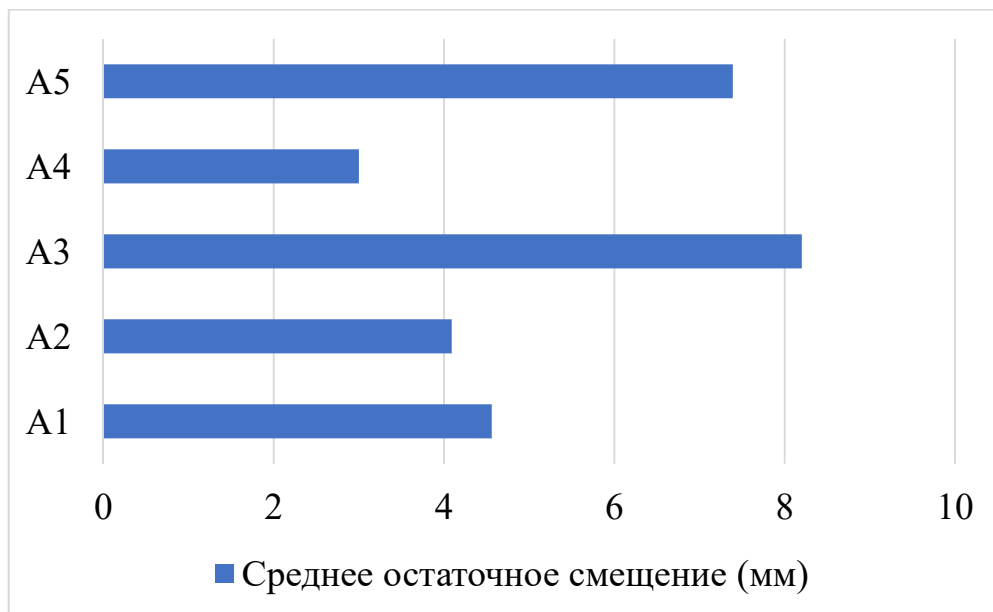


Рисунок 21 - Среднее остаточное смещение позвонка у пациентов в группах, разделенных по степени формирования костного блока

Изменение высоты межтелового промежутка при ИС является одним из этапов хирургического лечения. Необходимо отметить, что размеры устанавливаемого межтелового импланта подбираются интраоперационно, а влияние итоговой высоты межтелового промежутка на исход хирургического лечения до сих пор является предметом дискуссий в литературе. В ходе нашего исследования было выявлено, что величина межтелового промежутка в группе пациентов со сформированным спондилодезом составила от 3,5 до 14 мм (в среднем  $7,9 \pm 1,68$  мм), в группе с несформированным костным блоком – от 2,2 до 17,1 мм (в среднем  $9,39 \pm 3,73$  мм). Влияние данного фактора не подтвердило

статистическую значимость ( $p=0,095$ ).

Количество костных трабекул вокруг транспедикулярного фиксатора по данным разных авторов может оказывать влияние на развитие нестабильности металлоконструкции и появление псевдоартроза. Данный показатель отражают такие параметры как относительная длина винта и индекс наполнения ножки позвонка. Эти параметры были изучены в исследуемой выборке пациентов. Относительная длина винта в 1-й группе составила в среднем  $90,94\pm 5,27\%$ , во 2-й группе –  $90,99\pm 2,78\%$ . Индекс наполнения ножки позвонка винтом в 1-й группе в среднем составлял  $0,493\pm 0,281$ , во 2-й группе –  $0,611\pm 0,269$ . Проведенный статистический анализ не выявил значимого влияния ни одного из этих факторов на формирование костного блока ( $p=0,980$  и  $p=0,287$  соответственно).

Таким образом, статистически значимое различие в группах пациентов со сформированным и с несформированным костным блоком удалось выявить при анализе количества пациентов длительно применяющих НПВП после операции, а также ожирения у пациентов, что свидетельствует о влиянии данных факторов на формирование костного блока. Однако результаты исследования позволяют говорить об отсутствии значимого влияния возраста, остаточного смещения, курения, величины межтелового промежутка, коэффициентов наполнения тела и ножек позвонков, а также показателя плотности кости на формирование костного блока у пациентов с ИС.

С учетом полученных данных было разработано две прогностические модели для определения вероятности формирования костного блока: в одном случае в зависимости от статистически значимых факторов – наличия ожирения и употребления НПВП на протяжении более чем 3 месяцев ( $F_1$ ), а в другом случае – с учетом курения пациентов ( $F_2$ ) методом бинарной логистической регрессии. Обе прогностические модели оказались статистически значимыми ( $p=0,015$  и  $p=0,007$  соответственно) (Таблица 3).

Таблица 3 - Сравнение прогностических моделей, составленных методом бинарной логистической регрессии, где F<sub>1</sub> – наличие у пациента ожирения и употребление НПВС более 3 месяцев после операции, F<sub>2</sub> – курящие пациенты с ожирением и употреблением НПВС более 3 месяцев после операции

Модель	<i>p</i> -value	AIC	BIC	R <sup>2</sup> N	AUC
F <sub>1</sub>	0,015	38,1	43,3	0,294	0,801
F <sub>2</sub>	0,007	36,5	43,3	0,405	0,850

Критерии Akaike's information criteria (AIC) для первой модели составил 38,1, для второй – 36,5, Bayesian information criteria (BIC) для обеих моделей – 43,3. Исходя из значения коэффициента детерминации Найджелкерка, первая модель объясняет 29,4%, вторая – 40,5% наблюдаемой дисперсии формирования костного блока у пациентов с ИС. Таким образом, 40,5% неблагоприятного исхода в виде несостоятельности костного блока через 12 месяцев после операции можно объяснить сочетанием факторов: курение, ожирение, использование нестероидных противовоспалительных средств более трех месяцев. Также построены ROC-кривые для обеих моделей и рассчитаны площади под кривыми (AUC). Для первой модели она составила 0,801, для второй – 0,850 (Рисунок 22).

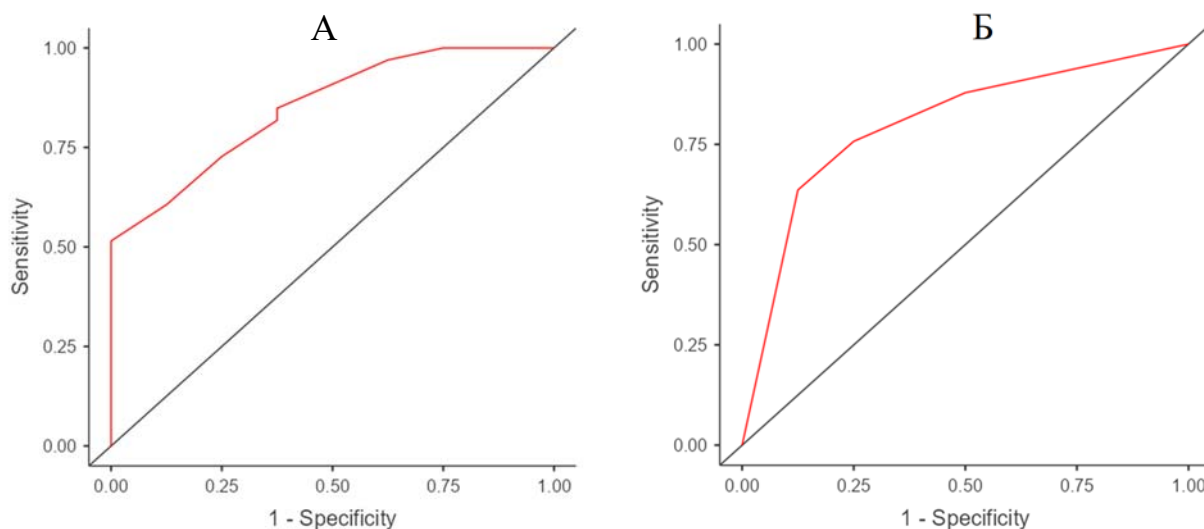


Рисунок 22 - Сравнение ROC-кривых для прогностических моделей:  
А – первая модель; Б – вторая модель

Сравнение данных двух прогностических моделей показало, что несмотря на статистическую незначимость курения как фактора, влияющего на формирование

костного блока при однофакторном анализе, комбинация факторов (курение, использование НПВС более 3 месяцев, ожирение) повышает риск отрицательного исхода у пациентов. Анализ данной модели также позволил выявить отношения шансов для отдельно взятых факторов (Таблица 4).

Таблица 4 - Отношения шансов для отдельно взятых факторов

Фактор	OR	SE (standard error)
Использование НПВС более трех месяцев	7,2	1,04
Ожирение	3,8	1,03
Курение	6,9	1,06

### 3.3 Факторы, влияющие на функциональный исход

В нашем исследовании мы проанализировали функциональный исход у пациентов после хирургического лечения ИС. Степень функциональной дезадаптации, оцененная по шкале Освестри, значительно снижалась у пациентов после хирургического лечения по сравнению с дооперационным уровнем (Рисунок 23).

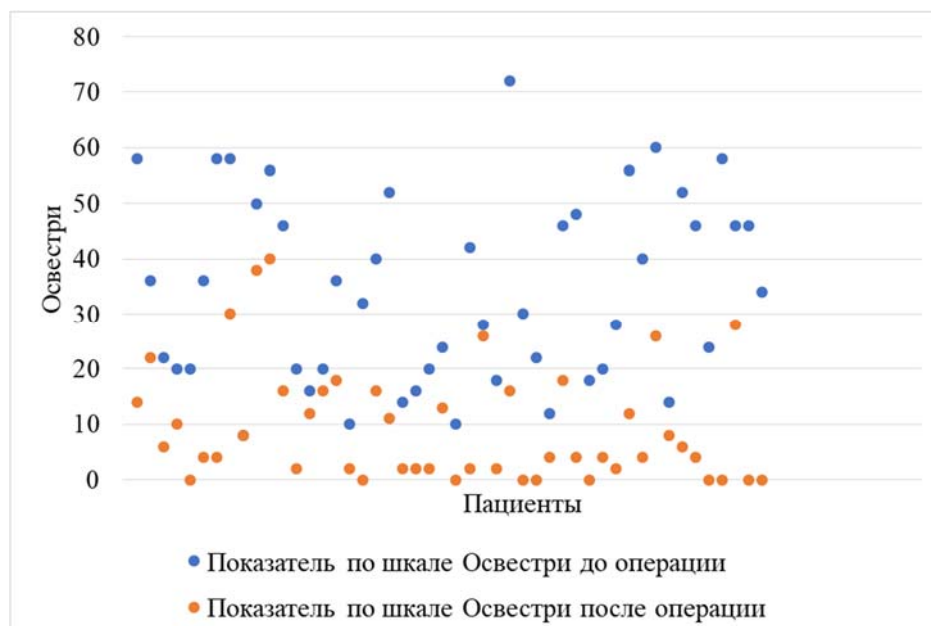


Рисунок 23 - Динамика распределения показателя по шкале Освестри у пациентов до и после хирургического лечения

Так, медиана показателя до операции составила 33,0 (26,5) %, после – 4,0 (14,0%). Разница составила 19,0 (22,0%), что оказалось статистически значимым улучшением состояния ( $p < 0,001$ ). У 28 (58,3%) пациентов отмечался отличный исход по шкале Макнаб, у 10 (20,8%) – хороший, у 8 (16,6%) – удовлетворительный и у 2 (4,2%) – неудовлетворительный результат по данной шкале.

Нами был проведен анализ потенциальных факторов риска на предмет возможного влияния на функциональный исход по шкале Освестри. Результаты статистического анализа изложены в таблице 5.

Таблица 5 - Сравнение показателя по шкале Освестри после операции в группах, разделенных по качественному признаку

Характеристика	Освестри, %	p-value*
Пол		
Мужской	4,0 (7,0)	0,092
Женский	11,0 (14,0)	
Ожирение		
ИМТ > 30 кг/м <sup>2</sup>	14,0 (12,0)	0,044
ИМТ < 30 кг/м <sup>2</sup>	4,0 (10,0)	
Курение		
Да	6,0 (12,0)	0,337
Нет	3,0 (13,0)	
Редукция позвонка		
Полная	6,0 (14,5)	0,589
Неполная	4,0 (11,0)	
Жировая дегенерация мышц		
1-я степень	10,5 (14,0)	0,111
Отсутствие жировой дегенерации	3,0 (8,0)	

\*Использован критерий  $\chi^2$

В исследуемой группе насчитывалось 23 мужчины и 25 женщин. При исследовании функционального исхода в группах пациентов, разделенных по половой принадлежности, оказалось, что в группе пациентов мужского пола медиана показателя по шкале Освестри составила 4,0 (7,0%), в группе пациентов женского пола – 11,0 (14,0%). Несмотря на различия в абсолютных числах, статистической значимости разницы данных показателей выявить не удалось ( $p = 0,092$ ). Изученный результат по шкале Макнаб представлен на рисунке 24.

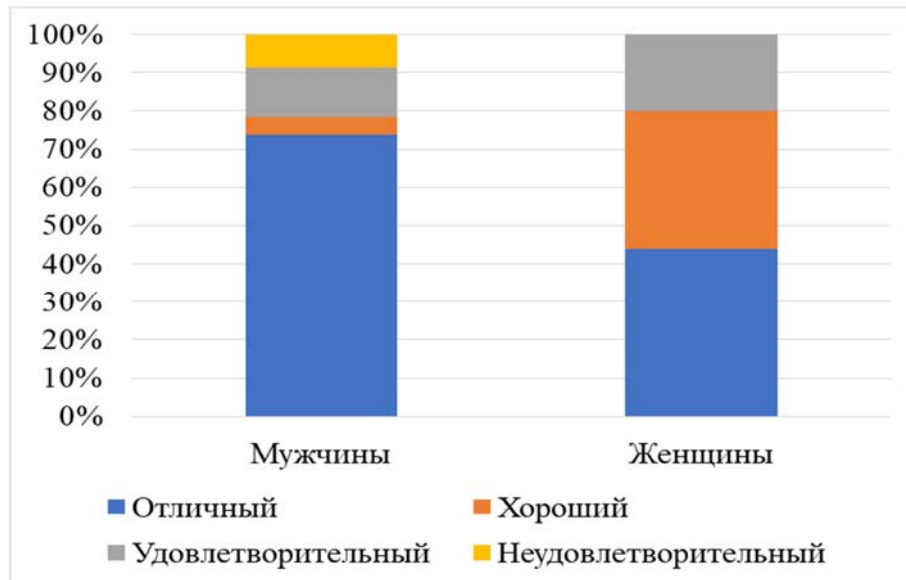


Рисунок 24 - Распределение пациентов в зависимости от исхода по шкале Макнаб в группах, разделенных по половой принадлежности

Необходимо отметить, что в группе лиц мужского пола преобладали отличные исходы у 17 (73,9%) пациентов, 1 (4,3%) пациент был с хорошим исходом, 3 (13%) – с удовлетворительным и 2 (8,3%) – с «неудовлетворительным».

В группе лиц женского пола исходы были распределены более равномерно, а неудовлетворительных исходов не отмечалось. На долю отличных исходов пришлось 11 (44%) пациентов, хороших – 9 (36%), удовлетворительных – 5 (20%).

Межгрупповой анализ выявил статистически значимые различия между отличными результатами пациентов мужского и женского пола ( $p=0,036$ ), между хорошими результатами ( $p=0,011$ ), а между удовлетворительными результатами статистически значимого различия выявлено не было ( $p=0,518$ ).

При оценке функционального статуса пациентов с ожирением и без было подсчитано, что в группе пациентов с ИМТ  $>30$  кг/м<sup>2</sup> показатель по шкале Освестри после операции составлял 14,0 (12,0%), в то время как в группе пациентов с ИМТ  $<30$  кг/м<sup>2</sup> – 4 (10,0%). Была выявлена статистически достоверная разница между степенью функциональной дезадаптации пациентов с ожирением и без после хирургического лечения ( $p=0,044$ ). Также были выявлены значимые различия между группами в распределении пациентов при оценке исходов по шкале Макнаб (Рисунок 25).



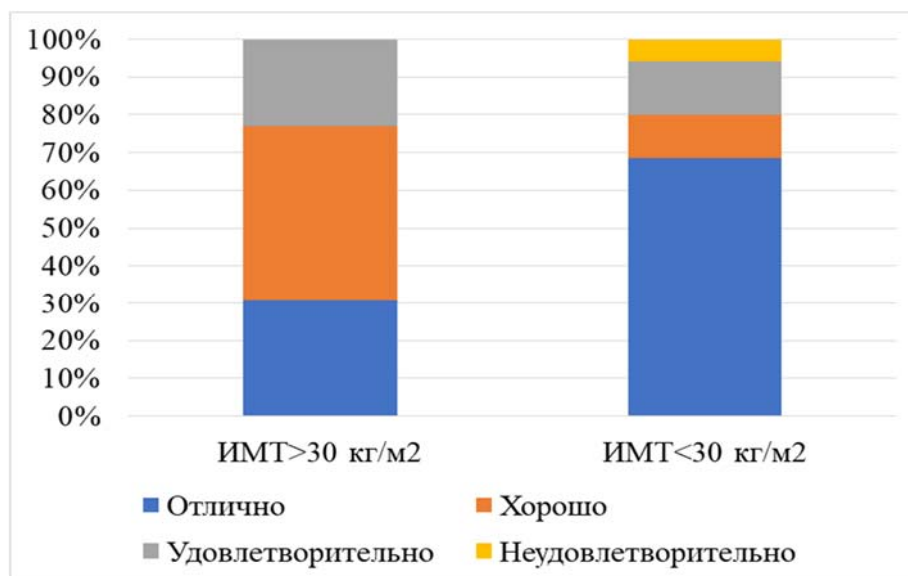


Рисунок 25 - Распределение результатов по шкале Макнаб в группах пациентов с ожирением и без

Статистически значимое различие в медиане показателя по шкале Освестри в группах пациентов с ожирением и без нашло своё отражение также и в распределении пациентов с отличным результатом среди исследуемых групп ( $p=0,018$ ).

Сравнение курящих и некурящих пациентов не продемонстрировало статистически значимой разницы показателя по шкале Освестри после операции ( $p=0,337$ ), несмотря на то, что медиана показателя в группе курящих пациентов составляла 6,0 (12,0%), а в группе некурящих пациентов – 3,0 (13,0%). Также мы сравнили количество отличных результатов в обеих группах. В группе курящих пациентов насчитывалось 12 (60%) с «отличным» результатом, в то время как в группе некурящих – 16 (57,1%) ( $p=0,843$ ).

Степень функциональной дезадаптации в группе пациентов с полной редукцией позвонка составляла 6,0 (14,5%) по шкале Освестри против 4,0 (11,0%) в группе с неполной редукцией. Выявленные различия показателей функционального статуса также оказались статистически недостоверными ( $p=0,589$ ). При этом среди пациентов с полной редукцией позвонка неудовлетворительных результатов по шкале Макнаб отмечено не было, а отличные результаты составляли 54,1%, в то время как в группе пациентов с

неполной редукцией или фиксацией *in situ* неудовлетворительные результаты были отмечены в 8,3% случаев, а отличные – в 62,5%. Разница в количестве отличных результатов обеих групп была статистически незначимой ( $p=0,558$ ).

При анализе жировой дегенерации мышц было установлено, что у 28 (58,3%) пациентов отмечалась 1-я степень жировой инфильтрации параспинальных мышц, а 2-й степени жировой инфильтрации выявлено не было. Несмотря на то, что медиана показателя по шкале Освестри в группе пациентов с жировой инфильтрацией была выше и составила 10,5 (14,0) %, в то время как без признаков жировой инфильтрации – 3 (8%). Статический анализ не продемонстрировал значимость данного фактора ( $p=0,111$ ). Подобное утверждение было обосновано анализом результатов по шкале Макнаб, при котором установлено, что отличные результаты среди пациентов с наличием жировой инфильтрации составляли 14 (50%) человек, как и в группе без жировой инфильтрации мышц. Однако в этой группе доля таких пациентов составила 70%. Впрочем, статический анализ не выявил значимости данного различия ( $p=0,166$ ).

В нашей работе мы провели корреляционный анализ зависимости функционального исхода от количественных факторов риска (Таблица 6).

Таблица 6 - Корреляционная матрица\* зависимости функционального исхода после хирургического лечения от количественных критериев

	Освестри до операции	Величина		
		межтелового промежутка	редукции	большой поясничной мышцы
Освестри после операции	$\rho=0,418$ $p=0,003$	$\rho=0,115$ $p=0,437$	$\rho=0,006$ $p=0,967$	$\rho=-0,327$ $p=0,023$

\*Использован критерий Спирмена

В ходе анализа нами были изучены исходы в зависимости от нарушения адаптации до операции, и была установлена положительная корреляционная связь со степенью выраженности функциональной дезадаптации пациентов после операции ( $\rho=0,418$ ;  $p=0,003$ ).

Таким образом, чем хуже был изначальный функциональный статус пациента, тем более выражены были нарушения адаптации после хирургического лечения (Рисунок 26).

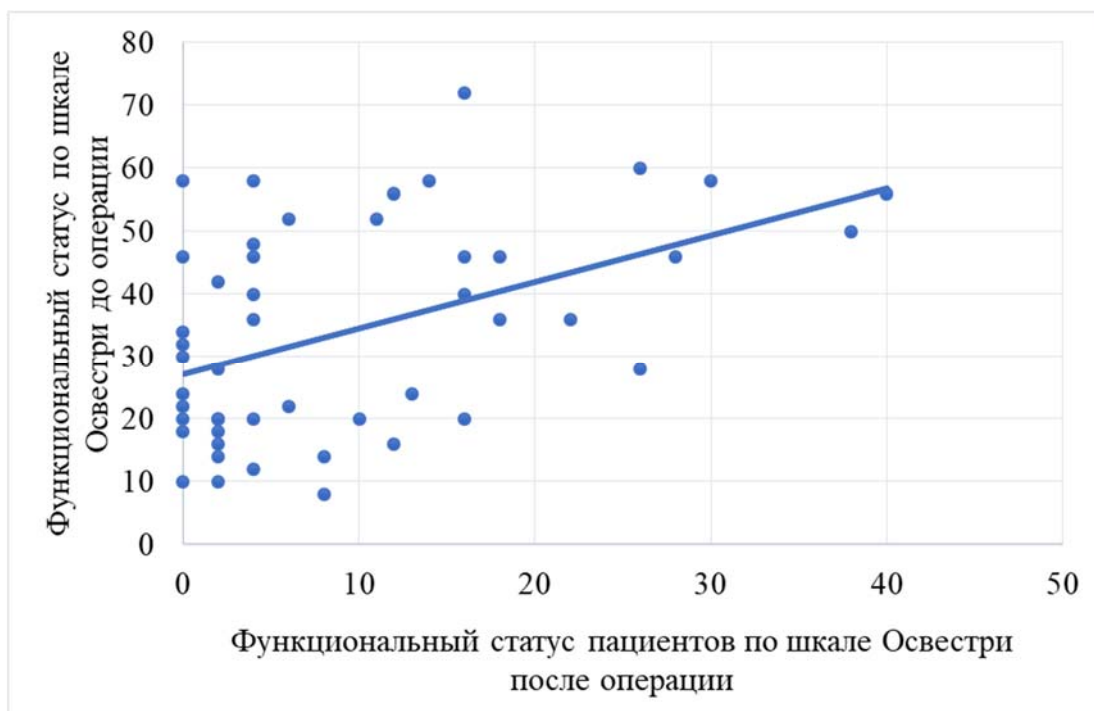


Рисунок 26 - Зависимость функционального исхода от функционального статуса до операции

Не было выявлено корреляционной связи между величиной межтелового промежутка после хирургического лечения и показателем по шкале Освестри ( $\rho=0,115$ ,  $p=0,437$ ). Корреляционной связи величины редукции позвонка с показателем по шкале Освестри также выявлено не было ( $\rho=0,006$ ,  $p=0,967$ ).

Медиана относительной площади поперечного сечения большой поясничной мышцы составила 78,5 (27,3%). Для выявления связи данной величины с клиническим исходом была проанализирована корреляционная зависимость относительной величины поперечного сечения *m. psoas major* и значения по шкале Освестри. Нами была обнаружена отрицательная корреляционная связь данных двух показателей ( $\rho=-0,327$ ;  $p=0,023$ ) (Рисунок 27). Кроме того, мы отметили, что показатель имеет отрицательную корреляционную связь с возрастом пациентов ( $\rho=-0,562$ ,  $p<0,001$ ), при этом возраст напрямую слабо коррелирует с показателем по шкале Освестри ( $\rho=0,271$ ;  $p=0,063$ ).

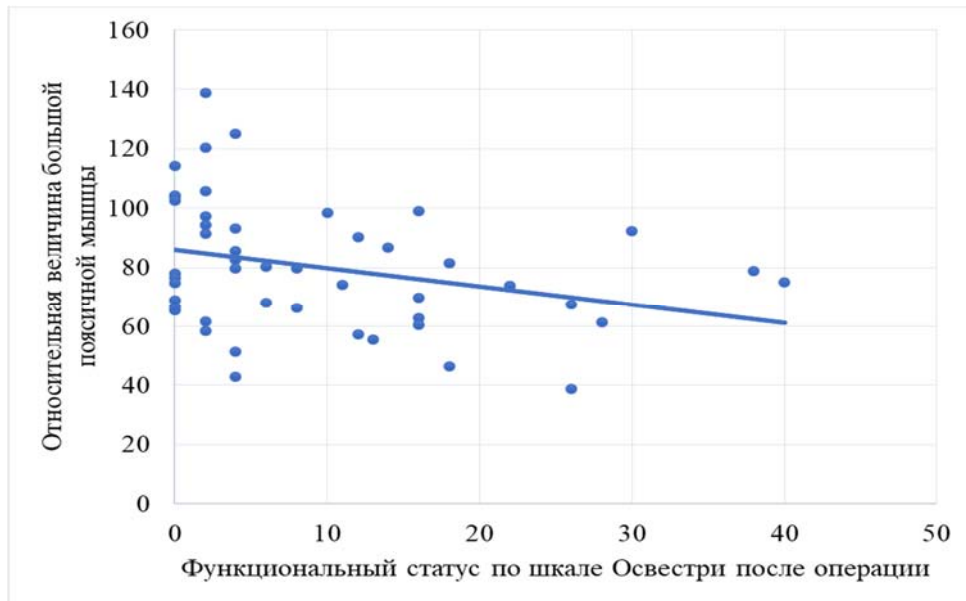


Рисунок 27 - Зависимость размеров большой поясничной мышцы и результата по шкале Освестри

Для подсчета порогового значения величины большой поясничной мышцы, способной повлиять на функциональный исход, показатель по шкале Освестри  $>20\%$  приняли за отрицательный результат, в то время как показатель  $<20\%$  за положительный исход после хирургического лечения. После этого построили ROC-кривую для выявления статистически значимой величины большой поясничной мышцы (Рисунок 28). Анализ построенной кривой представлен в таблице 7.

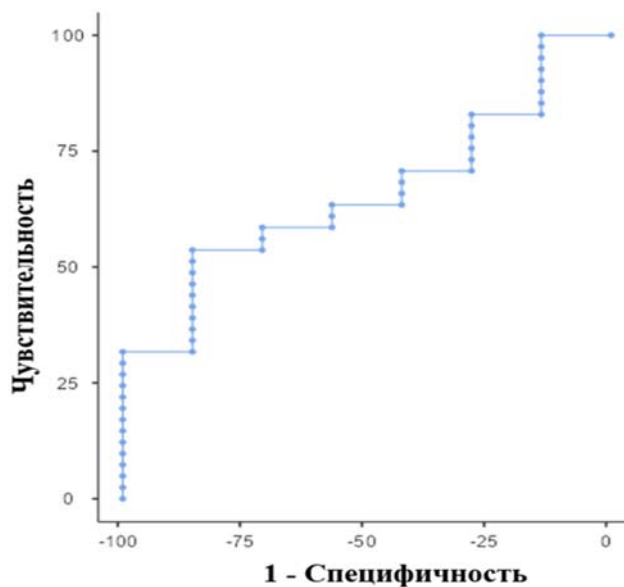


Рисунок 28 - Построенная ROC-кривая для зависимости величины большой поясничной мышцы и исхода по шкале Освестри  $>20\%$

Таблица 7 - Прогностические параметры ROC-кривой

Величина большой поясничной мышцы (%)	Чувствительность (%)	Специфичность (%)	AUC	PPV (%)
79,64	53,66	85,71%	0,659	95,65

Таким образом, при величине большой поясничной мышцы  $\leq 79,64$ , с вероятностью в 95,65%, состояние по шкале Освестри после операции в отдаленном периоде составит  $>20\%$ . Для вышеперечисленных количественных признаков был проанализирован исход по шкале Макнаб (Таблица 8).

Таблица 8 - Радиологические измерения в группах исхода по шкале Макнаб

	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно	<i>P</i>
Показатель по шкале Освестри до операции	29,0±14,6	37,6±16,2	41,5±18,4	59,0±18,4	0,061*
Величина редукции	66,7 (53,5)	100,0 (42,7)	62,8 (72,3)	30,1 (17,4)	0,446*
Величина межтелового промежутка	8,15±1,64	7,67±1,84	8,96±2,32	5,87±2,96	0,475*
Относительная величина большой поясничной мышцы	86,5±22,9	68,2±18,2	72,9±11,7	80,3±26,7	0,104*

\*Использован критерий Ньюмена–Кейлса

\*\*Использован критерий Краскелла–Уоллиса

Существенной разницы в величинах в зависимости от исхода по шкале Макнаб не отмечено. Проведенный межгрупповой анализ не выявил статистически значимую разницу среди проанализированных показателей.

Суммируя полученные данные в результате регрессионного, дисперсионного и корреляционного анализа в нашем исследовании, стоит отметить прогностически значимые модифицируемые факторы риска неблагоприятного исхода: излишний вес (ИМТ  $>30$  кг/м<sup>2</sup>), курение, использование в послеоперационном периоде нестероидных противовоспалительных средств более трех месяцев, относительный размер большой поясничной мышцы  $\leq 79,64\%$  (в алгоритме округлено до 80%).

Принятие решения об операции должно основываться в том числе на наличии или отсутствии данных факторов у пациента. Исходя из вышесказанного, разработан персонализированный алгоритм периоперационного ведения пациента (Рисунок 29).

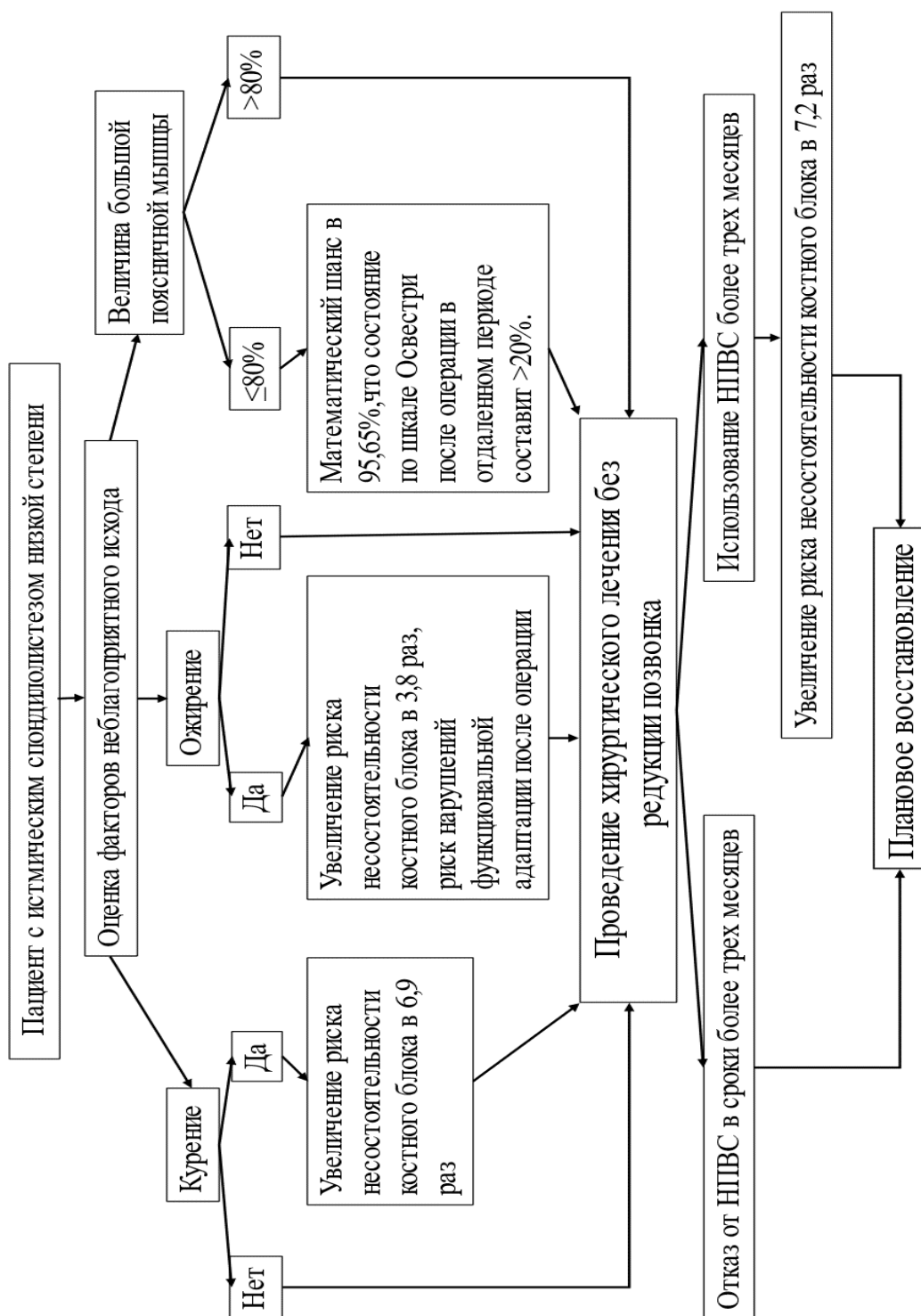


Рисунок 29 - Алгоритм периоперационного ведения пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Истмический спондилолистез – распространенная патология, встречающаяся с частотой от 3,7 до 18% в популяции [148, 71, 149, 188]. Многие исследователи отмечают, что с данной проблемой чаще остальных встречаются люди трудоспособного возраста, вовлеченные в различные виды спорта [22, 159, 182]. В 30% случаев данное патологическое состояние требует хирургического вмешательства. «Золотым стандартом» в области оперативного лечения пациентов с истмическим спондилолистезом является декомпрессивно-стабилизирующее вмешательство с проведением межтелового спондилодеза [75, 183].

Для успешного результата хирургического лечения необходимо несколько условий. Одними из самых важных являются как формирование костного блока на уровне вмешательства, так и хороший функциональный статус пациентов после операции. В настоящее время в литературе наблюдается недостаток исследований в области факторов, влияющих на данные два условия.

В последние годы в хирургии позвоночника особое внимание уделяется проблеме сагиттального баланса [32, 137, 138]. Данная тенденция не могла обойти стороной и истмический спондилолистез. Одним из главных способов применения параметров сагиттального профиля стало создание классификации, ставшей в настоящий момент одной из наиболее актуальных среди исследователей. Классификация SDSG вобрала в себя идею о сбалансированности параметров сагиттального профиля [131]. Однако, несмотря на стремление использовать её в практике, результаты крупных работ по влиянию хирургического вмешательства у пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени на параметры позвоночно-тазового соотношения носят противоречивый характер. Остро стоит вопрос о целесообразности изучения сагиттального профиля в рамках предоперационной подготовки. Избранная тактика хирургического лечения пациентов, согласно многим исследованиям, должна включать в себя проведение межтелового спондилодеза и фиксации пораженного сегмента, однако не до конца понятна роль редукции позвонка, её связь с параметрами баланса, формированием

костного блока и функциональными исходами оперативного лечения. Кроме того, дискуссионным является вопрос выделения факторов риска, в том числе управляемых, благодаря воздействию на которые было бы возможным увеличить вероятность благоприятного клинического и рентгенологического исхода [40, 133, 134, 180].

Для ответа на поставленные вопросы было проведено ретроспективное клиническое исследование с включением в него 124 пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени. В исследование не входили пациенты: с ранее проведенным оперативным вмешательством по поводу патологии позвоночника; с наличием спондилолиза или спондилолистеза других сегментов; с наличием сколиотической деформации  $>10^\circ$  по Коббу, так как данные факторы могут стать значимыми при анализе клинической картины заболевания, а также при изучении рентгенологических параметров каждого пациента. В качестве материала для выполнения работы были использованы данные медицинской документации и данные, полученные в результате катамнестического наблюдения пациентов на протяжении от 3 до 48 месяцев.

Для выполнения поставленных задач все пациенты были распределены в три группы. В 1-ю группу было отобрано 35 пациентов для оценки степени изменений сагиттального профиля до и после хирургического лечения. Дополнительным критерием включения в данную группу пациентов было наличие постуральной рентгенографии всех отделов позвоночника с захватом головок бедренных костей в положении стоя до и минимум через 3 месяца после операции. В исследуемой группе оценили параметры смещенного позвонка, а именно его величину, угол смещения, локальный кифоз до операции и их влияние на параметры сагиттального баланса. Оценку глобального сагиттального профиля мы проводили путем анализа SVA и CPA. Для оценки регионарного баланса использовали величины ТК, LL, в том числе распределение угла лордоза между верхней и нижней дугой.

Особое внимание мы уделили изучению тазовых параметров и позвоночно-тазовому соотношению, исследовали величины PI, PT, SS, а также индекс PI-LL, проводили поиск корреляционной связи между вышеперечисленными



параметрами и осуществили исследование модификаторов сагиттального баланса после хирургического лечения, выполнили поиск взаимосвязи между редукцией позвонка, увеличением межтелового промежутка, уменьшением угла смещения позвонка и параметрами позвоночно-тазового соотношения.

Мы отметили, что группе пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени свойственны высокие показатели поясничного лордоза и низкие показатели грудного кифоза, значимо не отклоняющиеся от показателей асимптомной группы пациентов, а распределение угла лордоза между верхней и нижней дугой является оптимальным. При изучении тазовых параметров мы фиксировали значимо более высокие значения PI, PT, SS в группе пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени, что соответствует таковым значениям асимптомных пациентов с 4-м морфотипом глобального сагиттального профиля по Roussoly. Кроме того, при оценке несоответствия PI–LL мы не выявили превышения границ в  $\pm 10^\circ$  (среднее значение в нашем исследовании составило  $1,2 \pm 9,35^\circ$ ), что говорит о сбалансированном характере отмеченных изменений. Стоит отметить, что при изучении параметров сагиттального профиля и локальных изменений в области смещенного позвонка мы установили наличие обратной корреляционной связи между PT и LSA ( $\rho = -0,521$ ;  $p = 0,006$ ), PI и LSA ( $\rho = -0,631$ ;  $p < 0,001$ ), SS и LSA ( $\rho = -0,446$ ;  $p = 0,022$ ), прямой корреляционной связи между PI и LL ( $\rho = 0,629$ ;  $p < 0,001$ ). Значимой корреляционной связи между SVA и показателями тазового баланса выявлено не было.

При радиологическом анализе послеоперационной постуральной рентгенографии мы подчеркивали, что парциальная или полная редукция позвонка была выполнена во всех случаях, при этом отметили уменьшение угла смещения позвонка, а также значения пояснично-крестцового угла (до  $92 \pm 11,6^\circ$ ). Среднее значение LL после операции составило  $61,5 \pm 16,0^\circ$ , в то время как ТК –  $39,9 \pm 8,39^\circ$ . Как видно, нам удалось достичь уменьшения поясничного лордоза и увеличения значения грудного кифоза. Однако данные изменения не демонстрировали статистической значимости по сравнению с дооперационными показателями ( $p = 0,479$  и  $0,829$  соответственно), в том числе это касается и распределения угла

лордоза между верхней и нижней дугой ( $p=0,470$ ). Кроме того, тазовые параметры менялись также не значимо, а корреляционной связи между изменениями тазовых модификаторов и величиной смещения позвонка выявлено не было.

Анализируя данные результаты, можно отметить, что благодаря изменению отдельных тазовых модификаторов, относительному постоянству PI, позвоночно-тазовое соотношение стремилось к оптимальному варианту, при этом значимых изменений отдельных показателей выявлено не было. В целом все значения позвоночно-тазового соотношения менялись в пределах допустимых сбалансированных значений и соответствовали параметрам, свойственным пациентам с 4-м морфотипом глобального сагиттального профиля по Roussouly P.

Во 2-ю группу были отобраны пациенты для анализа факторов, влияющих на формирование костного блока. Помимо основных критериев включения в исследование одним из условий было наличие рентгенологического архива исследований, срок наблюдения составил 12 месяцев после хирургического лечения. В данную группу были включены 41 пациент в возрасте  $48,8 \pm 13,6$  лет. Оценивали влияние пола, возраста, наличие ожирения, курения, длительного приема НПВС, величины остаточного смещения позвонка после операции, высоты межтелового промежутка после операции, плотности костной ткани, коэффициентов наполнения транспедикулярным винтом тела и ножек позвонка на формирование костного блока. Анализ влияния факторов проводили в двух группах пациентов, выделенных по признаку формирования костного блока. В 1-ю группу вошли пациенты с первой и второй степенью спондилодеза по Christensen (33 пациента), когда между телами позвонков формируются костные мостики, во 2-ю группу – с третьей, четвертой и пятой степенью по Christensen (8 пациентов), где костных мостиков между телами позвонков не отмечалось.

Предыдущие многочисленные исследования предоставляли противоречивые данные о влиянии различных факторов. Было неоднократно показано, что возраст, а также зачастую ассоциированная с ним плотность кости, оказывают серьезное воздействие на формирование костного блока [57]. Однако, анализируя выборку пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени, можно прийти к

выводу, что в силу возрастных особенностей и отсутствия значимой соматической патологии у основной массы пациентов данный фактор не является таким важным, как в группе пациентов, например, с дегенеративным спондилолистезом. Влияние пола рассматривалось во многих работах, и зачастую результаты у исследований были противоречивыми. Так, Christensen F.V. и соавт. показали, что у женщин наблюдается меньший потенциал к формированию костного блока, что подтверждали и другие работы, особенно в области изучения костной плотности, и основанном на этом повышенном риске псевдоартроза [57, 79, 141]. В то же время в других работах отмечено, что влияние пола не было значимым, как и в нашем исследовании [53, 58]. Отчасти данное обстоятельство можно объяснить гормональными особенностями женщин старшего возраста и частым возникновением постменопаузального остеопороза, что нехарактерно для нашей выборки.

Одним из наиболее спорных факторов, рассматриваемых в мировой литературе, является использование НПВС в послеоперационном периоде. С начала 2000-х годов проводятся многочисленные, в том числе экспериментальные исследования. В одних работах сообщается о несомненном влиянии препаратов на формирование костного блока [46, 164], в других, напротив, заявляют об отсутствии эффекта на остеогенез [109, 134]. В данных работах нередко говорят о дозозависимом эффекте. В нашей работе в качестве показателя длительности приема НПВС мы использовали временной промежуток в 3 месяца после операции. Анализ выборки показал несомненное влияние длительного приема препаратов на формирование костного блока.

Еще одним фактором, не связанным с хирургическим воздействием, но часто изучаемым в мировой литературе, является ожирение. Влияние ожирения на псевдоартроз, различные периоперационные осложнения, риск повторных оперативных вмешательств показано в работах нескольких авторов [132, 134], но Kalb S. и соавт. отрицают влияние ожирения на формирование костного блока [166]. В нашем исследовании мы выявили статистическую значимость данного фактора. Повышенный риск псевдоартроза часто связывают с курением [41, 53]. В

проведенном исследовании при однофакторном анализе не удалось выявить статистической значимости, однако при построении модели, включающей курение, прием НПВС и ожирение, было продемонстрировано влияние курения как ко-фактора, значимо снижающего темпы формирования костного блока.

Факторы риска, связанные с хирургическим вмешательством, неоднократно рассматривались в различных исследованиях. Параметры транспедикулярной системы, высота кейджа, а также объем редукции часто называют значимыми для формирования костного блока [52, 53, 118, 135]. Проведенное исследование и статистический анализ не позволяют нам говорить о значимости величины межтелового промежутка, остаточного смещения, а также параметров введенных транспедикулярных винтов на радиологический исход через 12 месяцев после операции у пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени.

Анализ факторов, влияющих на формирование костного блока в исследуемой группе, позволил отметить высокую вероятность неблагоприятного радиологического исхода в группе пациентов, применяющих НПВП более 3 месяцев, пациентов с ожирением, а также курящих пациентов. Кроме того, определили, что математический шанс несостоятельности костного блока у пациентов, употребляющих НПВС более трех месяцев возрастает в 7,2 раза, у пациентов с ИМТ > 30 кг /м<sup>2</sup> в 3,8 раз, а у курящих пациентов в 6,9 раз. После подсчета коэффициента детерминации и проведения дисперсионного анализа выявили, что 40,5% осложнений в виде несостоятельности костного блока можно объяснить сочетанием данных факторов.

По данным F. Guan и соавт., более чем в 90% случаев пациенты с истмическим спондилолистезом ощущают различной степени ограничения в повседневной жизни [136]. Многие исследователи ставили перед собой задачу – установить причины сохранения боли в послеоперационном периоде и факторы, влияющие на функциональный исход. Однако анализ работ показал значительные противоречия в оценке влияния одних и тех же причин на течение послеоперационного периода.

Для оценки факторов, способных повлиять на степень выраженности

нарушений функциональной адаптации у пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени после хирургического лечения, было отобрано 48 пациентов со сроком наблюдения от 12 месяцев и наличием проведенного анкетирования по шкале Освестри при контрольном обследовании. Медиана длительности наблюдения за пациентами составила 25,5 (18,3) месяцев.

Оценивали влияние на степень функциональной дезадаптации таких факторов как пол, наличие ожирения, курение, величина редукции позвонка, высота межтелового промежутка после операции, площадь поперечного сечения большой поясничной мышцы, степень жировой инфильтрации параспинальных мышц, а также данные о функциональном статусе пациентов до операции.

Одним из факторов, показавших свое значение в нашем исследовании, стал функциональный статус пациентов до операции. Полученные данные позволяют говорить о положительной корреляционной связи данного показателя с функциональным исходом пациентов после операции ( $\rho=0,418$ ;  $p=0,003$ ). Эти результаты также подтверждались в ряде исследований исходов лечения дегенеративных стенозов поясничного отдела позвоночника [74, 133]. Однако нужно отметить, что среди пациентов с истмическим спондилолистезом влияние исходного функционального статуса на результат лечения остается малоизученным.

Многие авторы отмечают, что половая принадлежность может влиять на результаты хирургического лечения. Так, полученные Kim G.U. и соавт. результаты демонстрируют более высокий риск неудовлетворительного исхода при оценке по шкале Освестри у пациентов женского пола [38]. В то же время Athiviraham A. и соавт. не выявили разницы в функциональных исходах хирургического лечения патологии поясничного отдела позвоночника у мужчин и женщин [19]. При изучении данного фактора в нашей работе мы также не нашли статистически значимой разницы функциональных исходов у пациентов разного пола.

В настоящий момент проводится активное изучение влияния ожирения на степень функциональной адаптации и в целом на исход хирургического лечения

пациентов со спондилолистезом поясничных позвонков. Ряд исследователей относят ожирение к одному из значимых факторов риска неблагоприятного исхода после хирургического лечения патологии позвоночника. В работе Chan A.K. и соавт. было установлено, что при лечении спондилолистеза у пациентов с ожирением отмечался незначительный процент уменьшения выраженности клинической симптоматики [110]. Macki M. и McGuire K.J. с соавт. подтвердили данное утверждение [123, 162]. Напротив, в большом исследовании Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT) было показано, что ожирение влияет лишь на исход консервативного лечения, в то время как на исход хирургического лечения пациентов со спондилолистезом не влияет [44]. Данной точки зрения придерживались и другие авторы [70, 74]. Полученные в нашем исследовании результаты продемонстрировали статистически значимое влияние ожирения ( $p=0,044$ ) на выраженность клинической симптоматики у пациентов с истмическим спондилолистезом после хирургического лечения.

Еще одним часто обсуждаемым фактором, способным повлиять на результаты лечения, по мнению исследователей, является курение. Так, Cobo S.J. и соавт. в своей работе показали, что курение влияет на степень выраженности боли после декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств, особенно при длительном наблюдении [122]. В то время как, по мнению Desai A. и соавт., данный фактор не играет роли в клиническом исходе после лечения пациентов со спондилолистезом [154]. В проведенном обзоре литературы Stienen M. и соавт. не смогли найти единую точку зрения о влиянии курения на клинические исходы [24]. В нашем исследовании мы не выявили связи курения и функционального исхода по шкале Освестри.

Одним из самых дискуссионных вопросов при хирургическом лечении истмических спондилолистезов низкой степени является необходимость редукции позвонка и её влияние на выраженность клинической симптоматики в послеоперационном периоде. По мнению Okuda S. и Guan F. с соавт., уменьшение степени смещения позвонка положительно сказывается на функциональном исходе после операции [119, 136], но, по мнению Hagenmaier H. и соавт., редукция

позвонка не влияет на симптоматику после операции у пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени [107]. Нужно отметить, что наблюдается недостаточное количество исследований высокой степени доказательности о влиянии редукции позвонка на клинические исходы. В нашей работе мы не выявили связи между величиной редукции позвонка и степенью функциональной дезадаптации.

Влияние изменения высоты межтелового промежутка на функциональные исходы после операции по поводу спондилолистеза в настоящее время остается малоизученным. Одной из немногих является работа Song X. и соавт., в которой исследователи установили, что несмотря на влияние высоты межтелового промежутка на рентгенологическую картину, данный параметр не влияет на степень функциональной дезадаптации пациентов после хирургического лечения [174]. В то же время Guan F. и соавт. утверждают, что восстановление высоты межтелового промежутка положительно влияет на степень функциональной дезадаптации пациентов с истмическим спондилолистезом после операции [136]. В нашей работе мы также не нашли достоверных данных о связи функционального исхода и высоты межтелового промежутка у пациентов с истмическим спондилолистезом после операции.

Большое количество авторов обращают внимание на влияние жировой инфильтрации мышц спины, а также размера большой поясничной мышцы на функциональный исход оперативного лечения дегенеративной патологии позвоночника. Так, Stanuszek A. и соавт. в своей работе показали влияние размера большой поясничной мышцы на течение послеоперационного периода у пациентов с грыжами межпозвонковых дисков поясничного отдела позвоночника. По мнению авторов, относительный размер большой поясничной мышцы обратно пропорционален выраженности боли после хирургического лечения [124]. В свою очередь Wang W. и соавт. в своем исследовании показали отрицательное влияние наличия жировой инфильтрации параспинальных мышц на развитие нестабильности металлоконструкции у пациентов с дегенеративным сколиозом [180]. Нужно отметить, что в настоящий момент отсутствуют данные о влиянии

состояния паравертебральных мышц на функциональный исход лечения пациентов со спондилолистезом. В нашей работе нам удалось установить отрицательную корреляционную связь размера большой поясничной мышцы на выраженность клинической симптоматики по шкале Освестри после хирургического лечения пациентов с истмическим спондилолистезом ( $\rho=-0,327$   $p=0,023$ ). Удалось также установить, что с вероятностью 95,65% у пациентов с относительным размером большой поясничной мышцы  $\leq 79,64\%$ , исход по шкале Освестри составит 20 и более %.

Таким образом, проведенное многоэтапное ретроспективное исследование когорты пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени позволило выявить факторы, влияющие на формирование костного блока, среди них: применение нестероидных противовоспалительных препаратов более 3 месяцев, наличие ожирения, а также курение пациентов. Была проведена оценка сагиттального баланса пациентов до и после хирургического лечения, по результатам которой не было выявлено грубых нарушений сагиттального баланса по сравнению с группой асимптомных пациентов. Также не было выявлено значимых изменений параметров сагиттального профиля после операции и не было отмечено корреляционной связи между локальными изменениями, такими как уменьшение угла и величины смещения с позвоночно-тазовым отношением. Кроме того, по результатам выполненной работы нам удалось выявить, что исходный функциональный статус, ожирение пациентов, а также относительный размер большой поясничной мышцы способны оказать статистически значимое влияние на функциональный исход после операции. На основании проведенного исследования был разработан алгоритм периоперационного ведения пациента с истмическим спондилолистезом низкой степени.



## ВЫВОДЫ

1. Показатели параметров сагиттального профиля у пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени до операции составляли: для глобальных параметров - CPA  $17,9 \pm 6,51^\circ$ , SVA  $9,55 \pm 29,2$  мм, для регионарных - LL  $64,4 \pm 10,2^\circ$ , TK -  $31,3 \pm 13,5^\circ$ , для позвоночно-тазовых соотношений – PI (SDSG 2) –  $51,8^\circ$ , PI (SDSG 3) –  $71,3^\circ$ , PT (SDSG 2) –  $13,0^\circ$ , PT(SDSG 3) –  $18,5^\circ$ , SS (SDSG 2) –  $38,8^\circ$ , SS (SDSG 3) –  $52,8^\circ$ . Данные значения являются скомпенсированными (PI-LL  $1,2 \pm 9,35^\circ$ ) и не имеют выраженного отклонения от показателей здорового населения с 4-м типом глобального баланса по Roussouly P.

2. К основным факторам, увеличивающим вероятность несостоятельности костного блока у пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени через 12 месяцев после операции, относятся: прием нестероидных противовоспалительных средств более трех месяцев после операции, курение, ожирение (AUC = 0,850). Математический шанс несостоятельности костного блока у пациентов, использующих НПВС более трех месяцев повышается в 7,2 раза, пациентов с ожирением - в 3,8 раз, у курящих пациентов - в 6,9 раз. До 40,5 % от числа осложнений в виде отсутствия формирования костного блока через 12 месяцев можно объяснить сочетанием данных трех факторов ( $p=0,007$ ;  $R^2N=0,405$ ). В то же время пол, возраст, плотность кости, высота межтелового промежутка после операции, относительная длина транспедикулярного винта, индекс наполнения ножки позвонка винтом не оказывают значимого влияния на формирование костного блока.

3. В результате редукции позвонка при хирургическом лечении коррекция составила в среднем 7 мм (75%). Степень редукции позвонка при хирургическом лечении истмического спондилолистеза низкой степени не оказывает значимого влияния на параметры сагиттального профиля – SVA, CPA, LL, TK, PI, PT, SS ( $p=0,042$ ), формирование костного блока ( $p=0,753$ ), а также на функциональный исход пациентов, оцененный по шкале Освестри ( $p=0,589$ ).

4. Хирургическое лечение позволяет достичь значительное снижение степени функциональной дезадаптации пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени (с 33,0% перед операцией до 4,0% после хирургического лечения,  $p < 0,001$ ). На функциональный исход в отдаленном периоде после хирургического лечения истмического спондилолистеза низкой степени статистически значимо влияет ожирение ( $ИМТ > 30 \text{ кг/м}^2$ ,  $p = 0,044$ ). Определено, что пол, курение, жировая дегенерация мышц, величина межтелового промежутка не влияют на степень функциональной дезадаптации после операции у пациентов с истмическим спондилолистезом низкой степени.

5. Получена обратно пропорциональная связь между относительным размером большой поясничной мышцы и показателем по шкале Освестри после операции ( $\rho = -0,327$ ,  $p = 0,023$ ), а также прямо пропорциональная связь между степенью нарушения жизнедеятельности пациентов до и после операции, оцененной по шкале Освестри ( $\rho = 0,418$ ,  $p = 0,003$ ). Показано, что с вероятностью в 96% у пациентов с относительным размером большой поясничной мышцы  $\leq 80\%$ , исход по шкале Освестри составит  $> 20\%$ .

6. Разработан персонифицированный алгоритм периоперационного ведения пациента, подразумевающий на дооперационном этапе проведение коррекции модифицируемых факторов риска и позволяющий оценить риск неблагоприятного исхода после операции.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Изучение параметров сагиттального баланса должно быть важной частью подготовки к любому декомпрессивно-стабилизирующему вмешательству по поводу патологии позвоночника. Четырехвинтовая система фиксации при истмическом спондилолистезе низкой степени с проведенной редукцией позвонка или без неё значимо не повлияет на параметры позвоночно-тазового соотношения. При грубых нарушениях сагиттального профиля необходимо рассмотреть вмешательства с вовлечением других сегментов позвоночника.

2. Необходимо информировать пациентов, а также специалистов здравоохранения о том, что такие факторы как курение, ожирение, длительный прием нестероидных противовоспалительных средств после операции, состояние паравертебральных мышц способны воздействовать на клинико-рентгенологические исходы после операции. Таким образом, следует рекомендовать пациентам изменить образ жизни, а в качестве обезболивающей терапии рассмотреть альтернативные схемы препаратов, не включающие нестероидные противовоспалительные средства.

3. Уменьшение степени смещения позвонка не является обязательной задачей при хирургическом лечении истмического спондилолистеза низкой степени, вследствие отсутствия значимого влияния остаточного смещения позвонка на клинико-рентгенологический исход.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВАШ	– визуально-аналоговая шкала
ИМТ	– индекс массы тела
ИС	– истмический спондилолистез
КТ	– компьютерная томография
МРТ	– магнитно-резонансная томография
НПВП	– нестероидные противовоспалительные препараты
НПВС	– нестероидное противовоспалительное средство
LL	– поясничный лордоз
PT	– наклон таза
SDSG	– Spinal Deformity Study Group
SS	– наклон крестца
CPA	– шейно-тазовый угол
SVA	– сагиттальная вертикальная ось
TLIF	– трансфораминальный межтеловой спондилодез
PI	– крестцово-тазовый угол
TK	– грудной кифоз
AIC	– Akaike's information criteria
BIC	– Bayesian information criteria
AUC	– площадь под кривой

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булатов, А.В. Хирургическое лечение спондилолистезов низкой степени градации: современное состояние проблемы / А. В. Булатов, В. С. Климов, А. В. Евсюков // Хирургия позвоночника. – 2016. – Vol. 13, N 3. – P. 68–77.
2. Гизатуллин, Ш.Х. Сравнительный анализ одноуровневого переднего и заднего спондилодеза при дегенеративных заболеваниях пояснично-крестцового отдела позвоночника / Ш.Х. Гизатуллин, Д.И. Жуков, В.Ю. Курносенко, Э.А. Ким // Медицинский вестник ГВКГ им. Н.Н. Бурденко. – 2021. - №2 (4) – С.46-53.
3. Гуца, А. О. Опыт минимально инвазивной хирургии и современный взгляд на лечение дегенеративных поражений позвоночника / А. О. Гуца, А. Р. Юсупова // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. – 2021. – Т. 85–№1. – С.5-9.
4. Гуца, А. О. Оценка исходов хирургического лечения дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника / А. О. Гуца, А. Р. Юсупова // Хирургия позвоночника. – 2017. – Т. 14. – № 4. – С. 85–94.
5. 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.
6. Митбрейт, И. М. Реабилитационные мероприятия при лечении больных спондилолистезом методом переднего спондилодеза / И. М. Митбрейт, Л. А. Андреева // Реабилитация больных на курортах Советской Латвии. – 1973. – С. 144–148.
7. Митбрейт, И. М. Спондилолистез / И. М. Митбрейт. – Москва: Медицина, 1978. – 271 с.
8. Пояснично-крестцовые боли у спортсменов и артистов балета: спондилолиз и спондилолистез / С. П. Миронов, Г. М. Бурмакова, А. К. Орлецкий // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2019. – Т. 26. – № 2. –

С. 5–13.

9. Сегментарная нестабильность поясничного отдела позвоночника. Обзор зарубежной литературы / З. Мураби, Д. А. Пташников, С. В. Масевнин [и др.] // Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им. И. И. Мечникова. – 2017. – Т. 9, № 4. – С. 59–65.

10. Скрябин, Е. Г. Спондилолиз и спондилолизный спондилолистез нижних поясничных позвонков у детей и подростков / Е. Г. Скрябин // Журнал клинической и экспериментальной ортопедии им. Г.А. Илизарова. – 2017. – Т. 23, № 1. – Р. 71–73.

11. Сперанский, А. Д. Изменение формы *canalis vertebralis* и функция позвоночного столба человека / А. Д. Сперанский. – Иркутск: Власть труда, 1925.

12. Турнер, Г. И. Спондилолистез, его сущность, клиническое проявление и значение в изменении статики тела / Г. И. Турнер // Вестник хирургии и пограничных областей. – 1926. – Т. 16. – № 6. – С. 3–17.

13. Чаплин, В. Д. Новый метод операции / В. Д. Чаплин // Труды науч.-исслед. ин-тов Уральского областного отдела здравоохранения. – 1933. – Т. 1. – С. 577–589.

14. Черепанов, Е. А. Русская версия опросника Освестри: культурная адаптация и валидность / Е. А. Черепанов // Хирургия позвоночника. – 2009. – № 3. – С. 93–98.

15. A Comparison of Anterior and Posterior Lumbar Interbody Fusions: Complications, Readmissions, Discharge Dispositions, and Costs / R. Qureshi, V. Puvanesarajah, A. Jain [et al.] // Spine (Phila Pa 1976). – 2017. – Vol. 42, N 24. – P. 1865–1870.

16. A critical analysis of the literature regarding surgical approach and outcome for adult low-grade isthmic spondylolisthesis / B. K. Kwon, A. S. Hilibrand, K. Malloy [et al.] // J. Spinal. Disord. Tech. – 2005. – Suppl. 18. – P. S30–40.

17. Albanese, M. Family Study of Spondylolysis and Spondylolisthesis / M. Albanese, P. D. Pizzutillo // J. Pediatr. Orthop. – 1982. – Vol. 2, N 5. – P. 496–499.

18. ALIF Versus TLIF for L5-S1 Isthmic Spondylolisthesis: ALIF Demonstrates

Superior Segmental and Regional Radiographic Outcomes and Clinical Improvements Across More Patient-reported Outcome Measures Domains / H. M. Lightsey 4th, A. J. Pisano, B. M. Striano [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2022. – Vol. 47, N 11. – P. 808–816.

19. A Randomized Prospective Study of Posterolateral Lumbar Fusion / J. C. France, M. J. Yaszemski, W. C. Lauerma [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 1999. – Vol. 24, N 6. – P. 553–60.

20. Are MRI-defined fat infiltrations in the multifidus muscles associated with low back pain? / P. Kjaer, T. Bendix, J. S. Sorensen [et al.] // *BMC Med.* – 2007. – Vol. 5. – P. 2.

21. Athiviraham, A. Predictive factors influencing clinical outcome with operative management of lumbar spinal stenosis / A. Athiviraham, Z. A. Wali, D. Yen // *Spine J.* – 2011. – Vol. 11, N 7. – P. 613–617.

22. Athletic participation in children with symptomatic spondylolysis in the New York area / H. N. Ladenhauf, P. D. Fabricant, E. Grossman [et al.] // *Med. Sci. Sports Exerc.* – 2013. – Vol. 45, N 10. – P. 1971–4.

23. Back pain in the German adult population: prevalence, severity, and sociodemographic correlates in a multiregional survey / C. O. Schmidt, H. Raspe, M. Pflingsten [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2007. – Vol. 32, N 18. – P. 2005–11.

24. Beeinflusst Rauchen Rückenschmerzen und spinale Operationsergebnisse? / M. Stienen, H. Richter, N. Prochnow [et al.] // *Z. Orthop. Unfall.* – 2011. – Vol. 149, N 3. – P. 317–23.

25. Belfi, L. M. Computed Tomography Evaluation of Spondylolysis and Spondylolisthesis in Asymptomatic Patients / L. M. Belfi, A. O. Ortiz, D. S. Katz // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2006. – Vol. 31, N 24. – P. E907–E910.

26. Bilateral Pars Defects at the L4 Vertebra Result in Increased Degeneration When Compared With Those at L5: An Anatomic Study / P.T. McCunniff, H. Yoo, A. Duarte [et al.] // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 2016. – Vol. 474, N 2. – P. 571–7.

27. Biomechanical evaluation of predictive parameters of progression in adolescent isthmic spondylolisthesis: a computer modeling and simulation study / A.

Sevrain, C. E. Aubin, H. Gharbi [et al.] // *Scoliosis*. – 2012. – Vol. 7, N 1. – P. 2.

28. Burton, M. R. Isthmic Spondylolisthesis / M. R. Burton, T. J. Dowling, F. Mesfin // *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2022.

29. Capener, N. Spondylolisthesis / N. Capener // *Br. J. Surg.* – 1931. – Vol. 19. – P. 374.

30. Circumferential lumbar spinal fusion with Brantigan cage versus posterolateral fusion with titanium Cotrel–Dubousset instrumentation: a prospective, randomized clinical study of 146 patients / F. B. Christensen, E. S. Hansen, S. P. Eiskjaer [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2002. – Vol. 27, N 23. – P. 2674–83.

31. Classification of High-Grade Spondylolistheses Based on Pelvic Version and Spine Balance / M. T. Hresko, H. Labelle, P. Roussouly, E. Berthonnaud // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2007. – Vol. 32, N 20. – P. 2208–2213.

32. Classification of the Normal Variation in the Sagittal Alignment of the Human Lumbar Spine and Pelvis in the Standing Position / P. Roussouly, S. Gollogly, E. Berthonnaud, J. Dimnet // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2005. – Vol. 30, N 3. – P. 346–53.

33. Clinical and radiologic 2-4-year results of transforaminal lumbar interbody fusion in degenerative and isthmic spondylolisthesis grades 1 and 2 / S. Lauber, T. L. Schulte, U. Liljenqvist [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2006. – Vol. 31, N 15. – P. 1693–8.

34. Collaer, J. W. Lumbar Isthmic Spondylolisthesis Detection with Palpation: Interrater Reliability and Concurrent Criterion-Related Validity / J. W. Collaer, D. M. McKeough, W. G. Boissonnault // *Journal of Manual & Manipulative Therapy*. – 2006. – Vol. 14, N 1. – P. 22–29.

35. Comparison of complications, costs, and length of stay of three different lumbar interbody fusion techniques: an analysis of the Nationwide Inpatient Sample database / V. Goz, J. H. Weinreb, F. Schwab [et al.] // *Spine J.* – 2014. – Vol. 14, N 9. – P. 2019–27.

36. Comparison of Wiltse and classical methods in surgery of lumbar spinal stenosis and spondylolisthesis / M. Ulutaş, C. Yaldiz, M. Seçer [et al.] // *Neurol. Neurochir. Pol.* – 2015. – Vol. 49, N 4. – P. 251–7.



37. Compensation for standing posture by whole-body sagittal alignment in relation to health-related quality of life / K. Hasegawa, M. Okamoto, S. Hatsushikano [et al.] // *Bone Joint J.* – 2020. – Vol. 102-B, N 10. – P. 1359–1367.
38. Correlation of clinical outcome and spinopelvic sagittal alignment after surgical treatment of low-grade isthmic spondylolisthesis / A. Bourghli, S. Aunoble, O. Reebye, J. C. Le Huec // *Eur. Spine J.* 2011. – 20 Suppl. 5 (Suppl. 5). – P. 663–8.
39. Danielson, B. I. Radiologic Progression of Isthmic Lumbar Spondylolisthesis in Young Patients / B. I. Danielson, A. K. Frennered, L. K. H. Irtam // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 1991. – Vol. 16, N 4. – P. 422–425.
40. Definitions of unfavorable surgical outcomes and their risk factors based on disability score after spine surgery for lumbar spinal stenosis / G. U. Kim, J. Park, H. J. Kim [et al.] // *BMC Musculoskelet. Disord.* – 2020. – Vol. 21, N 1. – P. 288.
41. Deguchi, M. Posterolateral fusion for isthmic spondylolisthesis in adults: analysis of fusion rate and clinical results / M. Deguchi, A. J. Rapoff, T. A. Zdeblick // *J. Spinal Disord.* – 1998. – Vol. 11, N 6. – P. 459–464.
42. DESFOSES, etCOLLEN. Contribution à l'étude du spondylolisthésis // *Rev. Orthop.* – 1925. – Vol. 1. – P. 15–20.
43. Diagnosis and evaluation of spondylolisthesis and/or spondylolysis on axial CT / J. G. Teplick, P. A. Laffey, A. Berman, M. E. Haskin // *AJNR Am. J. Neuroradiol.* – 1986. – Vol. 7, N 3. – P. 479–491.
44. Does obesity affect outcomes of treatment for lumbar stenosis and degenerative spondylolisthesis? Analysis of the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT) / J. A. Rihn, K. Radcliff, A. S. Hilibrand [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2012. – Vol. 37, N 23. – P. 1933–46.
45. Does the Surgical Reduction of High Grade Spondylolisthesis Restore Spino-Pelvic Alignment? An Analysis of 35 Patients / R. Amritanand, J. Arockiaraj, K. S. David, V. Krishnan // *Asian Spine J.* – 2021. – Vol. 15, N 5. – P. 596–603.
46. Do Nonsteroidal Anti-Inflammatory Drugs Affect Bone Healing? A Critical Analysis / I. Pountos, T. Georgouli, G. M. Calori, P. V. Giannoudis // *Scientific World Journal.* – 2012. – Vol. 2012. – P. 606404.

47. Do oblique views add value in the diagnosis of spondylolysis in adolescents? / N. A. Beck, R. Miller, K. Baldwin [et al.] // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 2013. – Vol. 95, N 10. – P. e65.
48. Duval-Beaupère, G. A barycentremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis: The conditions required for an economic standing position / G. Duval-Beaupère, C. Schmidt, P. Cosson // *Ann. Biomed. Engin.* – 1992. – Vol. 20, N 4. – P. 451–462.
49. Eddy, D. A Review of Spine Injuries and Return to Play / D. Eddy, J. Congeni, K. Loud // *Clin. J. Sport Med.* – 2005. – Vol. 15, N 6. – P. 453–458.
50. Ekman, P. The long-term effect of posterolateral fusion in adult isthmic spondylolisthesis: a randomized controlled study / P. Ekman, H. Möller, R. Hedlund // *Spine J.* – 2005. – Vol. 5, N 1. – P. 36–44.
51. Erdes, Sh. F. Low back pain in general medical practice / Sh. F. Erdes, T. V. Dubinina, E. A. Galushko // *Ter. Arkh.* – 2008. – Vol. 80, N 5. – P. 59–61.
52. Evidence-based surgical management of spondylolisthesis: reduction or arthrodesis in situ / U. G. Longo, M. Loppini, G. Romeo [et al.] // *J. Bone Joint Surg.* – 2014. – Vol. 96, N 1. – P. 53–8.
53. Factors important in bone union after posterior lumbar interbody fusion using the cortical bone trajectory technique / Y. Yanai, K. Matsukawa, T. Kato, Y. Yato // *J. Spine Surg.* – 2020. – Vol. 6, N 4. – P. 713–730.
54. Fairbank, J. C. T. The Oswestry Disability Index / J. C. T. Fairbank, P. B. Pynsent // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2000. – Vol. 25, N 22. – P. 2940–53.
55. Farrokhi, M. R. Posterolateral versus Posterior Interbody Fusion in Isthmic Spondylolisthesis / M. R. Farrokhi, A. Rahmanian, M. S. Masoudi // *J. Neurotrauma.* – 2012. – Vol. 29, N 8. – P. 1567–73.
56. Floman, Y. Progression of Lumbosacral Isthmic Spondylolisthesis in Adults / Y. Floman // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2000. – Vol. 25, N 3. – P. 342–347.
57. Fusion mass bone quality after uninstrumented spinal fusion in older patients / T. Andersen, F. B. Christensen, B. L. Langdahl [et al.] // *Eur. Spine J.* – 2010. – Vol. 19, N 12. – P. 2200–8.

58. Fusion rate and influence of surgery-related factors in lumbar interbody arthrodesis for degenerative spine diseases: a meta-analysis and systematic review / M. Formica, D. Vallergera, A. Zanirato [et al.] // *Musculoskelet. Surg.* – 2020. – Vol. 104, N 1. – P. 1–15.
59. Gill, G. G. Long-term follow-up evaluation of a few patients with spondylolisthesis treated by excision of the loose lamina with decompression of the nerve roots without spinal fusion / G. G. Gill // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 1984. – N 182. – P. 215–9.
60. Gill, G. G. Surgical treatment of spondylolisthesis without spine fusion. A long term follow-up of operated cases / G. G. Gill, H. L. White // *Acta Orthop. Scand. Suppl.* – 1965. – Suppl. 85. – P. 5–99.
61. Gill, G. G. Surgical treatment of spondylolisthesis without spine fusion; excision of the loose lamina with decompression of the nerve roots / G. G. Gill, J. G. Manning, H. L. White // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 1955. – Vol. 37-A, N 3. – P. 493–520.
62. Gillet, P. Direct Repair of Spondylolysis Without Spondylolisthesis, Using a Rod–Screw Construct and Bone Grafting of the Pars Defect / P. Gillet, M. Petit // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 1999. – Vol. 24, N 12. – P. 1252–6.
63. Gregg, C. D. Variables associated with active spondylolysis / C. D. Gregg, S. Dean, A. G. Schneiders // *Physical Therapy in Sport.* – 2009. – Vol. 10, N 4. – P. 121–124.
64. Gurd, D. P. Back Pain in the Young Athlete / D. P. Gurd // *Sports Med. Arthrosc. Rev.* – 2011. – Vol. 19, N 1. – P. 7–16.
65. Hammond, G. Review of seventy-three cases of spondylolisthesis treated by arthrodesis / G. Hammond // *J. Am. Med. Assoc.* – 1957. – Vol. 163, N 3. – P. 175.
66. Harris, I. E. Long-term follow-up of patients with grade-III and IV spondylolisthesis. Treatment with and without posterior fusion / I. E. Harris, S. L. Weinstein // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 1987. – Vol. 69, N 7. – P. 960–9.
67. Hartmann, G. Neuer Fall von Spondylolisthesis / G. Hartmann // *Monatsschrift für Geburtskunde und Frauenkrankheiten.* – 1865. – Vol. 25. – P. 465.
68. Health-related quality of life and sagittal balance at two to 25 years after

posterior transfixation for high-grade dysplastic spondylolisthesis / T. P. C. Schlösser, E. Garrido, A. I. Tsirikos, M. J. McMaster // *Bone Jt. Open.* – 2021. – Vol. 2, N 3. – P. 163–173.

69. Hounsfield Unit for Assessing Vertebral Bone Quality and Asymmetrical Vertebral Degeneration in Degenerative Lumbar Scoliosis / H. Wang, D. Zou, Z. Sun [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976).* – 2020. – Vol. 45, N 22. – P. 1559–1566.

70. How Does Body Mass Index Influence Outcomes in Patients After Lumbar Fusion? / S. N. Divi, D. K. C. Goyal, M. S. Galetta [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976).* – 2020. – Vol. 45, N 8. – P. 555–561.

71. Incidence of Lumbar Spondylolysis in the General Population in Japan Based on Multidetector Computed Tomography Scans From Two Thousand Subjects / T. Sakai, K. Sairyō, S. Takao [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976).* – 2009. – Vol. 34, N 21. – P. 2346–50.

72. Influence of the posterior lumbar interbody fusion on the sagittal spinopelvic parameters in isthmic L5-S1 spondylolisthesis / Y. Feng, L. Chen, Y. Gu [et al.] // *J. Spinal Disord. Tech.* – 2014. – Vol. 27, N 1. – P. E20–5.

73. Interobserver and intraobserver agreement of radiograph interpretation with and without pedicle screw implants: the need for a detailed classification system in posterolateral spinal fusion / F. B. Christensen, M. Laursen, J. Gelineck [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976).* – 2001. – Vol. 26, N 5. – P. 538–43.

74. Is obesity associated with worse patient-reported outcomes following lumbar surgery for degenerative conditions? / J. A. Sielatycki, S. Chotai, D. Stonko [et al.] // *Eur. Spine J.* – 2016. – Vol. 25, N 5. – P. 1627–1633.

75. Johnson, L. P. Surgical Management of Isthmic Spondylolisthesis / L. P. Johnson, R. J. Nasca, W. K. Dunham // *Spine (Phila Pa 1976).* – 1988. – Vol. 13, N 1. – P. 93–97.

76. Jones, T. R. Adult Isthmic Spondylolisthesis / T. R. Jones, R. D. Rao // *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* – 2009. – Vol. 17, N 10. – P. 609–17.

77. Junge, H. [Appearance and significance of neural symptoms in lumbar spondylolisthesis and indications for operative management] / H. Junge, P. Kuhl // *Brunns'*

Beitrage zur klinischen Chirurgie. – 1956. – Vol. 193, N 1. – P. 39–58.

78. Kakiuchi, M. Repair of the defect in spondylolysis. Durable fixation with pedicle screws and laminar hooks / M. Kakiuchi // *J. Bone Joint Surg.* – 1997. – Vol. 79, N 6. – P. 818–25.

79. Khosla, S. Osteoporosis: gender differences and similarities / S. Khosla, L. J. Melton 3rd, B. L. Riggs // *Lupus.* – 1999. – Vol. 8, N 5. – P. 393–6.

80. Kim, J. S. Comparison between Instrumented Mini-TLIF and Instrumented Circumferential Fusion in Adult Low-Grade Lytic Spondylolisthesis: Can Mini-TLIF with PPF Replace Circumferential Fusion? / J. S. Kim, D. H. Kim, S. H. Lee // *J. Korean Neurosurg. Soc.* – 2009. – Vol. 45, N 2. – P. 74.

81. Kim, N. H. Anterior Interbody Fusion Versus Posterolateral Fusion With Transpedicular Fixation for Isthmic Spondylolisthesis in Adults / N. H. Kim, J. W. Lee // *Spine (Phila Pa 1976).* – 1999. – Vol. 24, N 8. – P. 812–17.

82. Krupski, W. Computed tomography diagnostic of lumbar spondylolysis / W. Krupski, P. Majcher, M. R. Tataru // *Ortop. Traumatol. Rehabil.* – 2004. – Vol. 6, N 5. – P. 652–657.

83. Labelle, H. Spino-pelvic sagittal balance of spondylolisthesis: a review and classification / H. Labelle, J. M. Mac-Thiong, P. Roussouly // *Eur. Spine J.* – 2011. – Vol. 20, N S5. – P. 641–646.

84. Lane, A. W. Case of Spondylolisthesis Associated with Progressive Paraplegia / A. W. Lane // *Lancet.* – 1893. – Vol. I. – P. 991.

85. Lawrence, J. P. Back Pain in Athletes / J. P. Lawrence, H. S. Greene, J. N. Grauer // *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* – 2006. – Vol. 14, N 13. – P. 726–735.

86. L5 spondylolysis/spondylolisthesis: a comprehensive review with an anatomic focus / P. Foreman, C. J. Griessenauer, K. Watanabe [et al.] // *Childs Nerv. Syst.* – 2013. – Vol. 29, N 2. – P. 209–16.

87. Lumbar instability and clinical symptoms: which is the more critical factor for symptoms: sagittal translation or segment angulation? / T. Iguchi, A. Kanemura, K. Kasahara [et al.] // *J. Spinal. Disord. Tech.* – 2004. – Vol. 17, N 4. – P. 284–90.

88. Lumbar Intervertebral Instability: a Review / A. Leone, G. Guglielmi, V. N.

Cassar-Pullicino, L. Bonomo // *Radiology*. – 2007. – Vol. 245, N 1. – P. 62–77.

89. Management of severe spondylolisthesis in children and adolescents / D. Boxall, D. S. Bradford, R. B. Winter, J. H. Moe // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 1979. – Vol. 61, N 4. – P. 479–95.

90. Marchetti P. Classification of spondylolisthesis as a guideline for treatment. 2nd ed. / P. Marchetti, P. Bartolozzi. – Philadelphia: Lippincott-Raven, 1997.

91. Markwalder, T. M. "Isthmic" spondylolisthesis – an analysis of the clinical and radiological presentation in relation to intraoperative findings and surgical results in 72 consecutive cases / T. M. Markwalder, Ch. Saager, H. J. Reulen // *Acta Neurochirur.* – 1991. – Vol. 110, N 3–4. – P. 154–9.

92. Mazel, C. Etiology of isthmic spondylolisthesis / C. Mazel // *ArgoSpine News & Journal*. – 2011. – Vol. 23, N 2. – P. 85–87.

93. McGuire, R.A. The Use of Primary Internal Fixation in Spondylolisthesis / R. A. McGuire, G. M. Amundson // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 1993. – Vol. 18, N 12. – P. 1662–1672.

94. Mercer, W. Spondylolisthesis: With a Description of a New Method of Operative Treatment and Notes of Ten Cases / W. Mercer // *Edinb. Med. J.* – 1936. – Vol. 43, N 9. – P. 545–572.

95. Meyerding, H. W. Spondyloptosis / H. W. Meyerding // *Surg. Gynaecol. Obstet.* – 1932. – Vol. 54. – P. 371–377.

96. Midterm Follow-Up of Young Patients Fused in Situ for Spondylolisthesis / A. K. Frennered, B. I. Danielson, A. L. Nachemson, A. B. Nordwall // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 1991. – Vol. 16, N 4. P. 409–16.

97. Minimally Invasive Reconstruction of Vertebral Arch in Spondylolisthesis in Children and Adolescents / A. R. Syundyukov, N. S. Nikolayev, V. A. Kuzmina [et al.] // *Sovrem. Tehnologii Med.* – 2021. – Vol. 13, N 5. – P. 62–68.

98. Mirza, S. K. Systematic Review of Randomized Trials Comparing Lumbar Fusion Surgery to Nonoperative Care for Treatment of Chronic Back Pain / S. K. Mirza, R. A. Deyo // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2007. – Vol. 32, N 7. – P. 816–823.

99. Möller, H. Instrumented and Noninstrumented Posterolateral Fusion in

Adult Spondylolisthesis / H. Möller, R. Hedlund // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2000. – Vol. 25, N 13. – P. 1716–1721.

100. Möller, H. Surgery Versus Conservative Management in Adult Isthmic Spondylolisthesis / H. Möller, R. Hedlund // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2000. – Vol. 25, N 13. – P. 1711–15.

101. Morphometric Analysis of Lumbar Intervertebral Disc Height: An Imaging Study / K. Bach, J. Ford, R. Foley [et al.] // *World Neurosurg.* – 2018. – S1878-8750(18)32836-5.

102. MR imaging of lumbar spondylolysis: the importance of ancillary observations / J. L. Ulmer, V. P. Mathews, A. D. Elster [et al.] // *AJR Am. J. Roentgenol.* – 1997. – Vol. 169, N 1. – P. 233–9.

103. MRI Signal Changes of the Pedicle as an Indicator for Early Diagnosis of Spondylolysis in Children and Adolescents / K. Sairyō, S. Katoh, Y. Takata [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2006. – Vol. 31, N 2. – P. 206–11.

104. Muschik, M. Surgical Management of Severe Spondylolisthesis in Children and Adolescents / M. Muschik, H. Zippel, C. Perka // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 1997. – Vol. 22, N 17. – P. 2036–2042.

105. Newman, P. H. The etiology of spondylolisthesis / P. H. Newman, K. H. Stone // *J. Bone Joint Surg.* – 1963. – Vol. 45-B, N 1. – P. 39–59.

106. Nizard, R. S. Radiologic Assessment of Lumbar Intervertebral Instability and Degenerative Spondylolisthesis / R. S. Nizard, M. Wybier, J. D. Laredo // *Radiol. Clin. N. Am.* – 2001. – Vol. 39, N 1. – P. 55–71.

107. No correlation between slip reduction in low-grade spondylolisthesis or change in neuroforaminal morphology and clinical outcome / H. F. Hagenmaier, D. Delawi, N. Verschoor [et al.] // *BMC Musculoskelet. Disord.* – 2013. – Vol. 14, N 1. – P. 245.

108. Normative values of spino-pelvic sagittal alignment, balance, age, and health-related quality of life in a cohort of healthy adult subjects / K. Hasegawa M. Okamoto, S. Hatsushikano [et al.] // *Eur. Spine J.* – 2016. – Vol. 25, N 11. – P. 3675–3686.

109. NSAIDS inhibit in vitro MSC chondrogenesis but not osteogenesis: implications for mechanism of bone formation inhibition in man / I. Pountos, P. V. Giannoudis, E. Jones [et al.] // *J. Cell. Mol. Med.* – 2011. – Vol. 15, N 3. – P. 525–34.

110. Obese Patients Benefit, but do not Fare as Well as Nonobese Patients, Following Lumbar Spondylolisthesis Surgery: An Analysis of the Quality Outcomes Database / A. K. Chan, E. F. Besson, M. Bydon [et al.] // *Neurosurgery.* – 2020. – Vol. 86, N 1. – P. 80–87.

111. Oh, S. K. Correlation of Pelvic Parameters with Isthmic Spondylolisthesis / S. K. Oh, S. S. Chung, C. S. Lee // *Asian Spine J.* – 2009. – Vol. 3, N 1. – P. 21.

112. Osterman, K. Late results of removal of the loose posterior element (Gill's operation) in the treatment of lytic lumbar spondylolisthesis / K. Osterman, T. S. Lindholm, L. E. Laurent // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 1976. – N 117. – P. 121–8.

113. Outcomes of Fluoroscopically Guided Lumbar Transforaminal Epidural Steroid Injections in Degenerative Lumbar Spondylolisthesis Patients / C. Kraiwattanapong, S. Wechmongkolgorn, B. Chatriyanuyok [et al.] // *Asian Spine J.* – 2014. – Vol. 8, N 2. – P. 119–28.

114. Panjabi, M. M. Basic Biomechanics of the Spine / M. M. Panjabi, A. A. White // *Neurosurgery.* – 1980. – Vol. 7, N 1. – P. 76–93.

115. Percy, M. Is There Instability in Spondylolisthesis? / M. Percy, J. Shepherd // *Spine (Phila Pa 1976).* – 1985. – Vol. 10, N 2. – P. 175–7.

116. Perioperative morbidity and mortality after anterior, posterior, and anterior/posterior spine fusion surgery / S. G. Memtsoudis, V. I. Vougioukas, Y. Ma [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976).* – 2011. – Vol. 36, N 22. – P. 1867–77.

117. Pizzutillo, P. D. Nonoperative Treatment for Painful Adolescent Spondylolysis or Spondylolisthesis / P. D. Pizzutillo, C. D. Hummer // *J. Pediatr. Orthop.* – 1989. – Vol. 9, N 5. – P. 538–40.

118. Possible Association of Pedicle Screw Diameter on Pseudoarthrosis Rate After Transforaminal Lumbar Interbody Fusion / B. Otsuki, S. Fujibayashi, S. Tanida [et al.] // *World Neurosurg.* – 2021. – Vol. 150. – P. e155–e161.

119. Posterior lumbar interbody fusion with total facetectomy for low-dysplastic



isthmus spondylolisthesis: effects of slip reduction on surgical outcomes / S. Okuda, T. Oda, R. Yamasaki [et al.] // *J. Neurosurg. Spine*. – 2014. – Vol. 21, N 2. – P. 171–8.

120. Postoperative Changes in Pelvic Parameters and Sagittal Balance in Adult Isthmic Spondylolisthesis / S. J. Park, C. S. Lee, S. S. Chung [et al.] // *Neurosurgery*. – 2011. – Vol. 68 (2 Suppl. Operative). – P. 355–63.

121. Predictive Value of Pelvic Incidence in Progression of Spondylolisthesis / R. P. Huang, H. H. Bohlman, G. H. Thompson, C. Poe-Kochert // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2003. – Vol. 28, N 20. – P. 2381–5.

122. Predictors of outcome after decompressive lumbar surgery and instrumented posterolateral fusion / J. Cobo Soriano, M. Sendino Revuelta, M. Fabregata Fuente [et al.] // *Eur. Spine J*. – 2010. – Vol. 19, N 11. – P. 1841–8.

123. Predictors of patient dissatisfaction at 1 and 2 years after lumbar surgery / M. Macki, M. A. Alvi, P. Kerezoudis [et al.] // *J. Neurosurg. Spine*. – 2019. – P. 1–10.

124. Preoperative paraspinal and psoas major muscle atrophy and paraspinal muscle fatty degeneration as factors influencing the results of surgical treatment of lumbar disc disease / A. Stanuszek, A. Jędrzejek, E. Gancarczyk-Urlik [et al.] // *Arch. Orthop. Trauma. Surg*. – 2022. – Vol. 142, N 7. – 1375–1384.

125. Radiographic Evaluation of Instability in Spondylolisthesis / K. B. Wood, C. A. Popp, E. E. Transfeldt, A. E. Geissele // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 1994. – Vol. 19, N 15. – P. 1697–703.

126. Radiological findings and healing patterns of incomplete stress fractures of the pars interarticularis / A. J. Dunn, R. S. Campbell, P. E. Mayor, D. Rees // *Skeletal Radiology*. – 2008. – Vol. 37, N 5. – P. 443–50.

127. Radiologic Diagnosis of Degenerative Lumbar Spinal Instability / P. R. Dupuis, K. Yong-Hing, J. D. Cassidy, W. H. Kirkaldy-Willis // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 1985. – Vol. 10, N 3. – P. 262–276.

128. Randomized clinical trial of lumbar instrumented fusion and cognitive intervention and exercises in patients with chronic low back pain and disc degeneration / J. I. Brox, R. Sørensen, A. Friis [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2003. – Vol. 28, N 17. – P. 1913–21.

129. Randomised controlled trial to compare surgical stabilisation of the lumbar spine with an intensive rehabilitation programme for patients with chronic low back pain: the MRC spine stabilisation trial / J. Fairbank, H. Frost, J. Wilson-MacDonald [et al.] // *BMJ*. – 2005. – Vol. 330, N 7502. – P. 1233.

130. Reitman, C. A. Lumbar isthmic defects in teenagers resulting from stress fractures / C. A. Reitman, S. D. Gertzbein, W. R. Francis // *The Spine J*. – 2002. – Vol. 2, N 4. – P. 303–306.

131. Reliability of the Spinal Deformity Study Group Classification of Lumbosacral Spondylolisthesis / J. M. Mac-Thiong, L. Duong, S. Parent [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2012. – Vol. 37, N 2. – P. E95–102.

132. Reoperation rate and risk factors of elective spinal surgery for degenerative spondylolisthesis: minimum 5-year follow-up / S. Sato, M. Yagi, M. Machida [et al.] // *Spine J*. – 2015. – Vol. 15, N 7. – P. 1536–44.

133. Risk Factors for Negative Global Treatment Outcomes in Lumbar Spinal Stenosis Surgery: A Mixed Effects Model Analysis of Data from an International Spine Registry / E. Aghayev, A. F. Mannion, T. F. Fekete [et al.] // *World Neurosurg*. – 2020. – Vol. 136. – P. e270–e283.

134. Risk Factors for Pseudarthrosis After Surgical Site Infection of the Spine / D. A. Hollern, B. I. Woods, N. V. Shah [et al.] // *Int. J. Spine Surg*. – 2019. – Vol. 13, N 6. – 507–514.

135. Risk Factors for Pseudarthrosis in Minimally-Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion / A. Emami, M. Faloon, N. Sahai [et al.] // *Asian Spine J*. – 2018. – Vol. 12, N 5. – P. 830–838.

136. Risk factors of postoperative low back pain for low-grade isthmic spondylolisthesis: a retrospective study / F. Guan, H. Yin, L. Zhu [et al.] // *J. Int. Med. Res*. – 2020. – Vol. 48, N 3. – P. 030006051989079.

137. Sagittal alignment of the spine and pelvis in the presence of L5–s1 isthmic lysis and low-grade spondylolisthesis / P. Roussouly, S. Gollogly, E. Berthonnaud [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2006. – Vol. 31, N 21. – P. 2484–90.

138. Sagittal alignment of spine and pelvis regulated by pelvic incidence: standard

values and prediction of lordosis / C. Boulay, C. Tardieu, J. Hecquet [et al.] // *Eur. Spine J.* – 2006. – Vol. 15, N 4. – P. 415–22.

139. Saraste, H. Long-term clinical and radiological follow-up of spondylolysis and spondylolisthesis / Saraste H. // *J. Pediatr. Orthop.* – Vol. 7, N 6. – P. 631–638.

140. Saraste, H. Symptoms in relation to the level of spondylolysis / H. Saraste // *Int. Orthop.* – 1986. – Vol. 10, N 3. – P. 183–5.

141. Seeman, E. The growth and age-related origins of bone fragility in men / E. Seeman // *Calcif. Tissue Int.* – 2004. – Vol. 75, N 2. – P. 100–9.

142. Shamrock, A. G. Lumbar Spondylolysis And Spondylolisthesis / A. G. Shamrock, C. J. Donnally III, M. Varacallo // *StatPearls [Internet]*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2022.

143. Sherif, H. Epidural fat interposition between dura mater and spinous process: a new sign for the diagnosis of spondylolysis on MR imaging of the lumbar spine / H. Sherif, A. E. Mahfouz // *Eur. Radiol.* – 2004. – Vol. 14, N 6. – P. 970–973.

144. Sherman, F. C. Spine fusion for spondylolysis and spondylolisthesis in children / F. C. Sherman, R. K. Rosenthal, J. E. Hall // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 1979. – Vol. 4, N 1. – P. 59–67.

145. Spondylolisthesis and spondylolysis / S. S. Hu, C. B. Tribus, M. Diab, A. J. Ghanayem // *Instr. Course Lect.* – 2008. – Vol. 57. – P. 431–445.

146. Spondylolisthesis in Operative Adolescent Idiopathic Scoliosis: Prevalence and Results of Surgical Intervention / S. Hershman, J. Hochfelder, L. Dean [et al.] // *Spine Deformity*. – 2013. – Vol. 1, N 4. – P. 280–286.

147. Spondylolisthesis, pelvic incidence, and spinopelvic balance: a correlation study / H. Labelle, P. Roussouly, E. Berthonnaud [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2004. – Vol. 29, N 18. – P. 2049–54.

148. Spondylolysis and Spondylolisthesis / L. Kalichman, D. H. Kim, L. Li [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2009. – Vol. 34, N 2. – P. 199–205.

149. Spondylolysis and Spondylolisthesis in Children and Adolescents: I. Diagnosis, Natural History, and Nonsurgical Management / R. Cavalier, M. J. Herman, E. V. Cheung, P. D. Pizzutillo // *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* – 2006. – Vol. 14, N 7. – P.

417–424.

150. Spondylolysis and Spondylolisthesis in Children and Adolescents: II. Surgical Management / E. V. Cheung, M. J. Herman, R. Cavalier, P. D. Pizzutillo // *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* – 2006. – Vol. 14, N 8. – P. 488–98.

151. Spondylolysis in the past: A case study of hunter-gatherers from Southern Patagonia / M. D. D'Angelo Del Campo, J. A. Suby, P. García-Laborde [et al.] // *Int. J. Paleopathol.* – 2017. – Vol. 19. – P. 1–17.

152. Stone, A. T. Acute Progression of Spondylolysis to Isthmic Spondylolisthesis in an Adult / A. T. Stone, C. B. Tribus // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2002. – Vol. 27, N 16. – P. E370–372.

153. Stress views in the comparative assessment of spondylolytic spondylolisthesis / P. Kålebo, R. Kadziolka, L. Swärd, B. E. Zachrisson // *Skeletal Radiol.* – 1989. – Vol. 17, N 8. – P. 570–575.

154. Surgery for lumbar degenerative spondylolisthesis in Spine Patient Outcomes Research Trial: does incidental durotomy affect outcome? / A. Desai, P. A. Ball, K. Bekelis [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2012. – Vol. 37, N 5. – P. 406–13.

155. Surgical outcomes with anatomic reduction of high-grade spondylolisthesis revisited: an analysis of 101 patients / H. Koller, K. Mühlenkamp, W. Hitzl [et al.] // *J. Neurosurg. Spine.* – 2021. – P. 1–11.

156. Surgical treatment for unstable low-grade isthmic spondylolisthesis in adults: a prospective controlled study of posterior instrumented fusion compared with combined anterior-posterior fusion / J. Swan, E. Hurwitz, F. Malek [et al.] // *Spine J.* – 2006. – Vol. 6, N 6. – P. 606–14.

157. Surgical Treatment of Severe Isthmic Spondylolisthesis in Adolescents / M. Poussa, D. Schlenzka, S. Seitsalo [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 1993. – Vol. 18, N 7. – P. 894–901.

158. Taillard, W. F. Etiology of spondylolisthesis / W. F. Taillard // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 1976. – N 117. – P. 30–39.

159. Tallarico, R. A. Spondylolysis and Spondylolisthesis in the Athlete / R. A. Tallarico, I. A. Madom, M. A. Palumbo // *Sports Med. Arthrosc. Rev.* – 2008. – Vol. 16,

N 1. – P. 32–8.

160. Tenny, S. Spondylolisthesis / S. Tenny, C. C. Gillis // StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2022.

161. The analysis of segmental mobility with different lumbar radiographs in symptomatic patients with a spondylolisthesis / M. Cabraja, E. Mohamed, D. Koeppen, S. Kroppenstedt // Eur. Spine J. – 2012. – Vol. 21, N 2. – P. 256–61.

162. The effect of high obesity on outcomes of treatment for lumbar spinal conditions / K. J. McGuire, M. A. Khaleel, J. A. Rihn [et al.] // Spine (Phila Pa 1976). – 2014. – Vol. 39, N 23. – P. 1975–80.

163. The effect of nerve-root injections on the need for operative treatment of lumbar radicular pain. A prospective, randomized, controlled, double-blind / K. D. Riew, Y. Yin, L. Gilula [et al.] // J. Bone Joint Surg. Am. – 2000. – Vol. 82, N 11. – P. 1589–93.

164. The effect of NSAIDs on spinal fusion: a cross-disciplinary review of biochemical, animal, and human studies / A. Sivaganesan, S. Chotai, G. White-Dzuro [et al.] // Eur. Spine J. – 2017. – Vol. 26, N 11. – P. 2719–2728.

165. The Effect of Reduction and Instrumentation of Spondylolisthesis on Spinopelvic Sagittal Alignment / M. T. Hresko, R. Hirschfeld, A. A. Buerk, D. Zurakowski // J. Pediatr. Orthop. – 2009. – Vol. 29, N 2. – P. 157–62.

166. The Influence of Common Medical Conditions on the Outcome of Anterior Lumbar Interbody Fusion / S. Kalb, L. Perez-Orribo, M. Y. Kalani [et al.] // Clin. Spine Surg. – 2016. – Vol. 29, N 7. – P. 285–90.

167. The natural history of spondylolysis and spondylolisthesis / B. E. Fredrickson, D. Baker, W. J. McHolick [et al.] // J. Bone Joint Surg. Am. – 1984. – Vol. 66, N 5. – P. 699–707.

168. The relationship between spinopelvic parameters and clinical symptoms of severe isthmic spondylolisthesis: a prospective study of 64 patients / Z. Wang, B. Wang, B. Yin [et al.] // Eur. Spine J. – 2014. – Vol. 23, N 3. – P. 560–8.

169. The Role of Fusion and Instrumentation in the Treatment of Degenerative Spondylolisthesis with Spinal Stenosis / K. H. Bridwell, T. A. Sedgewick, M. F. O'Brien

[et al.] // *J. Spinal Disord.* – 1993. – Vol. 6, N 6. – P. 461–472.

170. The surgical treatment of spondylolisthesis by posterior element resection / S. J. Amuso, R. S. Neff, D. B. Coulson, P. G. Laing // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 1970. – Vol. 52, N 3. – P. 529–536.

171. The use of epidural steroids in the treatment of lumbar radicular pain. A prospective, randomized, double-blind study / J. M. Cuckler, P. A. Bernini, S. W. Wiesel [et al.] // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 1985. – Vol. 67, N 1. – P. 63–6.

172. Tokuhashi, Y. Repair of Defects in Spondylolysis by Segmental Pedicular Screw Hook Fixation / Y. Tokuhashi, H. Matsuzaki // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 1996. – Vol. 21, N 17. – P. 2041–5.

173. Toward standards for posture. Postural characteristics of the lower back system in normal and pathologic conditions / J. During, H. Goudfroofij, W. Keessen [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 1985. – Vol. 10, N 1. – P. 83–7.

174. Transforaminal lumbar interbody fusion with reduction of slippage of vertebrae for isthmic lumbar spondylolisthesis: Unilateral versus bilateral interbody fusion / X. Song, D. Ren, D. Wu [et al.] // *Clin. Neurol. Neurosurg.* – 2021. – Vol. 203. – P. 106588.

175. Transpedicular Fixation for the Treatment of Isthmic Spondylolisthesis in Adults / J. E. Ricciardi, P. C. Pflueger, J. E. Isaza, T. S. Whitecloud 3 rd // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 1995. – Vol. 20, N 17. – P. 1917–1922.

176. Treatment of severe spondylolisthesis in adolescence with reduction or fusion in situ: long-term clinical, radiologic, and functional outcome / M. Poussa, V. Remes, T. Lamberg [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2006. – Vol. 31, N 5. – P. 583–590.

177. Vibert, B. T. Treatment of Instability and Spondylolisthesis / B. T. Vibert, C. D. Sliva, H. N. Herkowitz // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 2006. – Vol. 443. – P. 222–7.

178. 1997 Volvo Award Winner in Clinical Studies / K. Thomsen, F. B. Christensen, S. P. Eiskjaer [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 1997. – Vol. 22, N 24. – P. 2813–2822.

179. 2001 Volvo Award Winner in Clinical Studies: Lumbar Fusion Versus

Nonsurgical Treatment for Chronic Low Back Pain / P. Fritzell, O. Hägg, P. Nordwall [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2001. – Vol. 26, N 23. – P. 2521–32.

180. Wang, W. Risk factors for screw loosening in patients with adult degenerative scoliosis: the importance of paraspinal muscle degeneration / W. Wang, W. Li, Z. Chen // *J. Orthop. Surg. Res.* – 2021. – Vol. 16, N 1. – P. 448.

181. Warner, W. C. Jr. Adolescent Spondylolysis: Management and Return to Play / W. C. Warner Jr, R. G. M. de Mendonça // *Instr. Course Lect.* – 2017. – Vol. 66. – P. 409–413.

182. Watkins, R.G. Lumbar Spondylolysis and Spondylolisthesis in Athletes / R. G. Watkins, R. G. Watkins // *Seminars in Spine Surgery*. – 2010. – Vol. 22, N 4. – P. 210–217.

183. What Is the Optimal Surgical Treatment for Low-Grade Isthmic Spondylolisthesis? ALIF or TLIF? / A. S. Sebastian, D. Dalton, S. E. Slaven [et al.] // *Clin. Spine Surg.* – 2020. – Vol. 33, N 10. – P. 389–392.

184. Which lumbar interbody fusion technique is better in terms of level for the treatment of unstable isthmic spondylolisthesis? / J. S. Kim, K. Y. Lee, S. H. Lee, H. Y. Lee // *J. Neurosurg. Spine*. – 2010. – Vol. 12, N 2. – P. 171–7.

185. Wiltse, L. L. Etiology of spondylolisthesis / L. L. Wiltse // *Clin. Orthop.* – 1957. – Vol. 10. – P. 48–60.

186. Wiltse, L. L. Spondylolisthesis: classification, diagnosis and natural history / L. L. Wiltse, S. L. Rothman // *Semin. Spine Surg.* – 1989. – Vol. 1(2). – P. 78–94.

187. Wiltse, L. L. Terminology and measurement of spondylolisthesis / L. L. Wiltse, R. B. Winter // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 1983. – Vol. 65, N 6. – P. 768–72.

188. Wynne-Davies, R. Inheritance and spondylolisthesis: a radiographic family survey / R. Wynne-Davies, J. Scott // *J. Bone Joint Surg.* – 1979. – Vol. 61-B, N 3. – P. 301–305.

## Визуально-аналоговая шкала (ВАШ)



Отметьте, какой цифре на отрезке прямой соответствует выраженность боли, где 0 – отсутствие боли, 10 – невыносимая боль.



**Опросник Освестри (русифицированный)**

**Инструкция.** Заполните, пожалуйста, анкету, которая предназначена для того, чтобы мы поняли, каким образом Ваши проблемы со спиной (или ногой) нарушают способность выполнять обычные в жизни действия. В каждом разделе нужно отметить только один пункт, который соответствует утверждению, наиболее близкому Вашему состоянию сегодня.

**РАЗДЕЛ 1. Интенсивность боли**

1. В настоящее время у меня нет боли.
2. В настоящее время боль очень легкая.
3. В настоящее время боль умеренная.
4. В настоящее время боль весьма сильная.
5. В настоящее время боль очень сильная.
6. В настоящее время боль настолько сильна, что трудно себе представить.

**РАЗДЕЛ 2. Самообслуживание (например, умывание, одевание)**

1. Я могу нормально о себе заботиться, и это не вызывает особой боли.
2. Я могу нормально о себе заботиться, но это весьма болезненно.
3. Чтобы заботиться о себе, я вынужден из-за боли быть медлительным и осторожным.
4. Чтобы заботиться о себе, я вынужден обращаться за некоторой посторонней помощью, хотя большую часть действий могу выполнять самостоятельно.
5. Чтобы заботиться о себе, я вынужден обращаться за посторонней помощью при выполнении большей части действий.
6. Я не могу одеться, с трудом умываюсь, и остаюсь в постели.

**РАЗДЕЛ 3. Поднятие предметов**

1. Я могу поднимать тяжелые предметы без особой боли.
2. Я могу поднимать тяжелые предметы, но это вызывает усиление боли.
3. Боль не дает мне поднимать тяжелые предметы с пола, но я могу с ними обращаться, если они удобно расположены (например, на столе).

4. 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).
5. Я могу поднимать только очень легкие предметы.
6. Я вообще не могу поднимать или носить что-либо.

#### **РАЗДЕЛ 4. Ходьба**

1. Боль не мешает мне ходить на любые расстояния.
2. Боль не позволяет мне пройти более 1 километра.
3. Боль не позволяет мне пройти более 500 метров.
4. Боль не позволяет мне пройти более 100 метров.
5. Я могу ходить только при помощи трости или костылей.
6. Я большую часть времени нахожусь в постели и вынужден ползком добираться до туалета.

#### **РАЗДЕЛ 5. Положение сидя**

1. Я могу сидеть на любом стуле столько, сколько захочу.
2. Я могу сидеть столько, сколько захочу, только на моем любимом стуле.
3. Боль не позволяет мне сидеть более 1 часа.
4. Боль не позволяет мне сидеть более чем 1/2 часа.
5. Боль не позволяет мне сидеть более чем 10 минут.
6. Боль совсем лишает меня возможности сидеть.

#### **РАЗДЕЛ 6. Положение стоя**

1. Я могу стоять столько, сколько захочу, без особой боли.
2. Я могу стоять столько, сколько захочу, но при этом боль усиливается.
3. Боль не позволяет мне стоять более 1 часа.
4. Боль не позволяет мне стоять более 1/2 часа.
5. Боль не позволяет мне стоять более 10 минут.
6. Боль совсем лишает меня возможности стоять.

#### **РАЗДЕЛ 7. Сон**

1. Мой сон никогда не прерывается из-за боли.
2. Мой сон редко прерывается из-за боли.

3. Из-за боли я сплю менее 6 часов.
4. Из-за боли я сплю менее 4 часов.
5. Из-за боли я сплю менее 2 часов.
6. Боль совсем лишает меня возможности спать.

#### **РАЗДЕЛ 8. Сексуальная жизнь (если возможна)**

1. Моя сексуальная жизнь нормальна и не вызывает особой боли.
2. Моя сексуальная жизнь нормальна, но немного усиливает боль.
3. Моя сексуальная жизнь почти нормальна, но значительно усиливает боль.
4. Моя сексуальная жизнь существенно ограничена из-за боли.
5. У меня почти нет сексуальной жизни из-за боли.
6. Боль полностью лишает меня сексуальных отношений.

#### **РАЗДЕЛ 9. Досуг**

1. Я могу нормально проводить досуг и не испытываю при этом особой боли.
2. Я могу нормально проводить досуг, но испытываю усиление боли.
3. Боль не оказывает значительного влияния на мой досуг, за исключением интересов, требующих наибольшей активности (спорт, танцы и т.д.).
4. Боль ограничивает мой досуг, я часто не выхожу из дома.
5. Боль ограничивает мой досуг пределами моего дома.
6. Боль лишает меня досуга.

#### **РАЗДЕЛ 10. Поездки**

1. Я могу ездить куда угодно без боли.
2. Я могу ездить куда угодно, но это вызывает усиление боли.
3. Несмотря на сильную боль, я выдерживаю поездки в пределах 2 часов.
4. Боль сокращает мои поездки менее чем до 1 часа.
5. Боль сокращает самые необходимые поездки до 30 минут.
6. Я могу доехать только до врача или до больницы.

Интерпретация модифицированной шкалы исходов оперативного лечения Макнаб  
(Macnab I., 1971)

Исход	Критерии
Отлично	Нет боли; нет ограничения мобильности; способность вернуться к нормальной работе и деятельности
Хорошо	Редкая некорешковая боль; облегчение предшествующих симптомов; способность вернуться на модифицированную работу
Удовлетворительно	Некоторое улучшение функциональных возможностей; инвалидизация или невозможность работать
Неудовлетворительно	Продолжающиеся корешковые симптомы; требуется дополнительное оперативное вмешательство на данном уровне вне зависимости от продолжительности и частоты послеоперационного наблюдения