

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии
и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

На правах рукописи



Белозеров
Вадим Васильевич

БАЛАНС ПОЗВОНОЧНИКА ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ
ИДИОПАТИЧЕСКОГО СКОЛИОЗА

3.1.8. – травматология и ортопедия

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук, профессор
М.В. Михайловский

Новосибирск
2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	11
1.1 БАЛАНС В ХИРУРГИИ СКОЛИОТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ ПОЗВОНОЧНИКА	11
1.1.1 Исторический экскурс	11
1.1.2 Развитие представлений о балансе позвоночника. Методы оценки баланса	12
1.1.3 Возрастные особенности показателей сагиттального баланса....	16
1.1.4 Особенности сагиттального баланса при сколиозе	20
1.1.5 Качество жизни и параметры баланса. Осложнения при сагиттальном дисбалансе после коррекции сколиотических деформаций	22
1.1.6 Взаимосвязь параметров сагиттального баланса с функциями нижних конечностей	25
1.2 ИДИОПАТИЧЕСКИЙ СКОЛИОЗ И ИСТМИЧЕСКИЙ СПОНДИЛОЛИСТЕЗ.....	26
1.2.1 Определение спондилолистеза, классификации.....	26
1.2.2 Эпидемиология.....	29
1.2.3 Факторы риска прогрессирования спондилолистеза.....	31
1.2.4 Консервативное лечение спондилолистеза	33
1.2.5 Хирургическое лечение спондилолистеза.....	35
1.2.6 Хирургическое лечение сколиотических деформаций при спондилолистезе.....	38
ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	42
2.1 ДИЗАЙН ИССЛЕДОВАНИЯ	42
2.2 ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУПП	43
2.3 МЕТОДЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ	48
2.4 ТИПЫ ПРОВОДИМЫХ ОПЕРАТИВНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ.....	54
2.5 КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ИСХОДОВ ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ	54
2.6 СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ	55
ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ИДИОПАТИЧЕСКИМ СКОЛИОЗОМ I И III ТИПОВ ПО LENKE	57

3.1	ИСХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ФРОНТАЛЬНОГО И САГИТТАЛЬНОГО БАЛАНСА У ПАЦИЕНТОВ С ОСНОВНОЙ ГРУДНОЙ СКОЛИОТИЧЕСКОЙ ДУГОЙ.....	57	
3.2	ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПО ДАННЫМ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ	60	
3.4	ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЖИЗНИ ПАЦИЕНТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ДИСБАЛАНСА И УРОВНЯ НИЖНЕГО ИНСТРУМЕНТИРОВАННОГО ПОЗВОНКА	72	
3.5	Осложнения хирургического лечения.....	75	
ГЛАВА 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ИДИОПАТИЧЕСКИМ СКОЛИОЗОМ И ИСТМИЧЕСКИМ СПОНДИЛОЛИСТЕЗОМ НИЗКИХ СТЕПЕНЕЙ			80
4.1	ИСХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ФРОНТАЛЬНОГО И САГИТТАЛЬНОГО БАЛАНСА У ПАЦИЕНТОВ СО СКОЛИОЗОМ И СПОНДИЛОЛИСТЕЗОМ.....	80	
4.2	ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПО ДАННЫМ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ	82	
4.3	ПРЕДИКТОРЫ ПРОГРЕССИРОВАНИЯ СПОНДИЛОЛИСТЕЗА ПОСЛЕ КОРРЕКЦИИ СКОЛИОТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ БЕЗ ВКЛЮЧЕНИЯ В ЗОНУ СПОНДИЛОДЕЗА L5–S1 СЕГМЕНТА	85	
4.4	ДИНАМИКА ПАРАМЕТРОВ САГИТТАЛЬНОГО БАЛАНСА В ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ.....	86	
4.5	ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЖИЗНИ ПАЦИЕНТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ДИСБАЛАНСА И УРОВНЯ НИЖНЕГО ИНСТРУМЕНТИРОВАННОГО ПОЗВОНКА	91	
4.6	Осложнения хирургического лечения.....	95	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ			97
ВЫВОДЫ.....			105
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....			107
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....			108
ПРИЛОЖЕНИЕ 1			131
ПРИЛОЖЕНИЕ 2			138

ВВЕДЕНИЕ

Попытки хирургически исправить сколитическую деформацию предпринимались еще в 19-м веке, однако наибольшее распространение данный метод лечения получил в 20-м веке с развитием методик заднего спондилодеза и инструментальной фиксации. Вопрос сохранения баланса позвоночника был актуален и ранее, но при ограниченных возможностях хирурга оставался нерешенным. С расширением хирургических возможностей вопрос коррекции баланса позвоночника стал более актуальным. В 1970-х гг. Jean Dubousset ввел понятие «конус экономии»: тело человека в вертикальном положении имеет определенные границы, в пределах которых затрачивается минимальное количество энергии, а выход за которые сопряжен с усилением мышечной нагрузки, включением механизмов компенсации. В 1990-х гг. впервые предложены тазовые модификаторы сагиттального баланса позвоночника: отклонение таза (PT), наклон крестца (SS) и наклон таза (PI) [66, 109]. После Duval-Beaupere множество исследователей подчеркнули важность тазовой морфологии в постуральном балансе у здоровых взрослых и детей, в частности путем влияния на поясничный лордоз [6]. Нарушения баланса в сагиттальной плоскости в рамках многоплоскостных деформаций позвоночника имеют большее значение в формировании клинических проявлений и, как следствие, прямую корреляционную зависимость с качеством жизни [74, 87]. Особое значение в развитии сагиттального дисбаланса имеет патология двух нижнепоясничных позвоночно-двигательных сегментов, которые формируют в среднем 66 % поясничного лордоза [2, 107]. По данным базы PubMed, единичное количество публикации в ранний период сменилось десятками: с 2009 г. их число не опускалось ниже 20, а в 2019 г. достигло 45 [35]. Согласно представлению ряда авторов, при развитии трехмерной деформации позвоночника первичные изменения происходят именно в сагиттальной плоскости [67, 98, 145]. Также, по мнению Misaghi et al., коррекция сколиотической деформации типа I по Lenke с

недостаточно полным устранением гипокифоза приводит к необходимости задействования компенсаторных механизмов, в частности увеличения угла наклона таза, для коррекции развивающегося отрицательного сагиттального баланса [117].

В настоящий момент в литературе встречаются исследования, указывающие на большую склонность к нарушению баланса и более слабый контроль равновесия у пациентов с идиопатическим сколиозом при проведении постурографии с сенсорным контролем [91, 157]. Некоторые авторы проводят сравнение характеристик наклона таза в зависимости от типа сколиотической деформации [67]. Проводится оценка параметров сагиттального баланса в зависимости от уровня нижнего инструментированного позвонка [60]. Одни авторы проводят сравнение параметров сагиттального баланса после селективного грудного и более продленного спондилодеза [78, 121]. Другие авторы сравнивают сагиттальный баланс у подростков и взрослых пациентов со сколиозом [140]. Однако до сих пор не проводилось комплексной оценки зависимости нарушений параметров баланса и качества жизни пациентов после коррекции сколиоза, удовлетворенности пациентов результатами лечения, а также количества механических осложнений. Несмотря на большое количество исследований, разные подходы авторов, до сих пор описанные параметры дают лишь двухмерное представление о балансе позвоночника, а разработанные методы трехмерной оценки сколиотической деформации не нашли клинического применения.

Спондилолистез L5 позвонка является единственной патологией нижнепоясничных сегментов позвоночника, при которой могут существенно изменяться параметры пояснично-тазового сагиттального баланса, одновременно это одна из наиболее часто встречаемых типов сопутствующей вертебральной патологии у пациентов с идиопатическим сколиозом. По данным литературы, частота спондилолистеза колеблется от 2,4 до 4,4 % [71].

Сочетание сколиоза и спондилолистеза также ставит перед вертебрологами особые задачи, которые решаются неоднозначно. Одни хирурги считают необходимым стабилизировать пояснично-крестцовый отдел позвоночника, особенно при тяжелых степенях спондилолистеза, а затем корригировать сколиотическую деформацию [131, 157, 169]. Другие полагают, что спондилодез L5–S1 вообще не является обязательным, и ограничиваются исправлением вышележащей деформации [25, 30, 75]. При этом большинство хирургов стремится оставить как можно больше интактных позвоночно-двигательных сегментов дистальнее зоны спондилодеза и сохранить максимальный объем движений в поясничном отделе позвоночника [86]. Выбор метода лечения осложняется и отсутствием достоверных факторов прогрессирования спондилолистеза в подростковом возрасте [54, 165]. Прогрессирование спондилолистеза вообще считается редким явлением и встречается только у 4–5 % больных [70, 139], поэтому возникает вопрос, насколько необходимо устранение спондилолистеза, даже при планировании коррекции сколиоза.

Попыток обосновать возможность хирургической коррекции сколиотической деформации при спондилолистезе L5 позвонка низких степеней без включения в зону спондилодеза L5–S1 сегмента с позиции оценки параметров сагиттального пояснично-тазового баланса не предпринималось.

На сегодняшний день в литературе не встречается данных о сравнении параметров сагиттального пояснично-тазового баланса у пациентов с идиопатическим сколиозом в сочетании со спондилолистезом L5 позвонка и у группы с изолированной сколиотической деформацией, а также не проводился анализ качества жизни в зависимости от степени нарушения сагиттального баланса.

Цель исследования: Улучшение результатов хирургического лечения пациентов 15–35 лет с идиопатическим сколиозом типов I и III по Lenke за счет

прогнозирования исходов с учетом динамики изменений параметров фронтального и сагиттального баланса.

Задачи исследования

1. Изучить исходные параметры фронтального и сагиттального баланса, а также выявить предикторы развития выраженного дисбаланса в послеоперационном периоде у пациентов 15–35 лет с идиопатическим сколиозом типов I и III по Lenke.

2. Разработать систему оценки параметров фронтального и сагиттального пояснично-тазового баланса в зависимости от степени тяжести выявленных нарушений у пациентов с идиопатическим сколиозом, а также оценить ее клиническую эффективность.

3. Оценить результаты хирургического лечения и качество жизни пациентов 15–35 лет с идиопатическим сколиозом типов I и III по Lenke в зависимости от степени нарушения баланса и уровня нижнего инструментированного позвонка.

4. Выявить особенности параметров фронтального и сагиттального пояснично-тазового баланса у пациентов с сочетанием идиопатического сколиоза и спондилолистеза L5 низких степеней.

5. Доказать возможность хирургической коррекции сколиотической деформации без включения в зону спондилодеза сегмента L5–S1 у пациентов с сочетанием идиопатического сколиоза и спондилолистеза L5 низких степеней.

Научная новизна исследования

1. Впервые разработана и клинически оценена система оценки параметров фронтального и сагиттального пояснично-тазового баланса в зависимости от степени тяжести выявленных нарушений у пациентов с идиопатическим сколиозом.

2. Впервые рассчитаны пороговые значения для формирования выраженного дисбаланса позвоночника после операции для пациентов 15–35 лет с идиопатическим сколиозом типов I и III по Lenke.

3. Впервые проведено сравнение параметров фронтального и сагиттального баланса у пациентов с идиопатическим сколиозом и у пациентов с сочетанием идиопатического сколиоза и спондилолистеза L5 низких степеней.

4. Впервые доказана возможность хирургической коррекции сколиотической деформации без включения в зону спондилодеза сегмента L5–S1 при сочетании идиопатического сколиоза и спондилолистеза L5 низких степеней.

Практическая значимость

На основании разработанной системы оценки параметров фронтального и сагиттального пояснично-тазового баланса и полученных пороговых значений для формирования дисбаланса возможно планирование оперативного лечения со снижением риска нарушения баланса.

Доказана возможность коррекции сколиоза без включения в зону спондилодеза сегмента L5–S1 при сочетании идиопатического сколиоза и спондилолистеза L5 низких степеней.

Положения, выносимые на защиту

Параметры фронтального и сагиттального баланса влияют на результаты хирургического лечения и качество жизни пациентов 15–35 лет с идиопатическим сколиозом типов I и III по Lenke.

Наличие истмического спондилолистеза L5 I–II степеней без неврологического дефицита и болевого синдрома не влияет на хирургическую тактику лечения пациентов с идиопатическим сколиозом.

Апробация работы

Основные положения диссертации доложены на VIII съезде межрегиональной ассоциации хирургов-вертебрологов России с международным участием (Иркутск, 2017); X научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Цивьяновские чтения» (Новосибирск, 2017); XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Цивьяновские чтения» (Новосибирск, 2019); I съезде травматологов-ортопедов Приволжского федерального округа (онлайн, 2022); XII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Цивьяновские чтения» (Новосибирск, 2022); VI съезде травматологов-ортопедов Сибирского федерального округа (Барнаул, 2022); XXIII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 30-летию центра охраны здоровья шахтеров «Многопрофильная больница: инновационные решения» (Ленинск-Кузнецкий, 2023); XII съезде Российской ассоциации хирургов-вертебрологов (Москва, 2023); Евразийском ортопедическом форуме (Казань, 2023).

Публикации и сведения о внедрении в практику

По теме диссертации опубликовано 6 работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК России. Материалы диссертации, в том числе методики оценки баланса позвоночника при сколиозе, имеют научно-практическое значение, внедрены и применяются в клинической практике отделения детской ортопедии, нейрохирургическом отделении № 2 Новосибирского НИИТО и травматолого-ортопедическом отделении №4 «ФЦТО» Минздрава России г. Барнаул. Материалы диссертационной работы включены в курс лекций для клинических ординаторов, аспирантов и врачей курсантов по специальности «травматология и ортопедия» ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России.

Личный вклад автора в работу

В ходе работы над диссертацией автором была сформулирована цель и основные задачи исследования, выполнены сбор научно-практической информации, обработка и анализ результатов исследования. Автор лично принимал участие в хирургическом лечении более 30 % больных в группах исследования, с последующим наблюдением в отдаленные сроки. Автором разработана и клинически оценена комплексная система оценки параметров фронтального и сагиттального пояснично-тазового баланса у пациентов с идиопатическим сколиозом. Автором обоснована возможность коррекции сколиотической деформации без включения в зону спондилодеза L5 позвонка и таза при спондилолистезе L5 позвонка.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 130 страницах, состоит из введения, обзора литературы, четырех глав собственных исследований, заключения, выводов и списка литературы, состоящего из 40 работ отечественных и 129 зарубежных авторов. В качестве иллюстрационного материала приведены 28 таблиц, 9 рисунков и два приложения с 36 рисунками.

ГЛАВА 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Баланс в хирургии сколиотических деформаций позвоночника

1.1.1 Исторический экскурс

В течение более чем двух тысячелетий лечение сколиотических деформаций представляло существенную проблему для врачей, сформировав в человеческом сознании безысходность: больной должен жить со своим недугом до конца своих дней.

На начальных этапах развития хирургического лечения сколиозов основной проблемой было отсутствие специализированного инструментария, что вынуждало хирургов прибегать лишь к методике спондилодеза с последующей длительной фиксацией в корсете. Лишь с середины двадцатого века появились первые попытки коррекции деформаций при помощи металлоконструкций. Первый позвоночный инструментарий, используемый длительное время и расцениваемый как золотой стандарт при оперативном лечении сколиозов, – детище Paul Harrington. Появление инструментария Harrington до сих пор оценивается как революционное изменение в хирургии позвоночника, а не только сколиотической болезни. Основными проблемами на тот момент являлись переломы стержня, ложные суставы блока, синдром плоской спины, необходимость послеоперационной иммобилизации. В дальнейшем инструментарий Harrington претерпевал множество изменений, но при этом самый важный недостаток в виде коррекции лишь в одной плоскости оставался неисправленным. Днем рождения эндокорректора III поколения стало 21 января 1983 г. Французские ортопеды Yves Cotrel и Jean Dubousset предложили коллегам инструментарий, который вскоре был назван восьмым чудом света [18].

Затем на смену крюковой фиксации пришли транспедикулярные винты, а также более агрессивные методики остеотомий, позволяющие получить более выраженную коррекцию особо тяжелых деформации [17].

Развитие хирургических технологий связано не только с лучшим процентом коррекции деформации, но и с большим количеством послеоперационных осложнений. Например, такое осложнение, как проксимальный переходный кифоз (РЖК), достаточно редко встречающееся при крюковой и гибридной фиксации, при использовании тотальных транспедикулярных конструкции выявляется в разы чаще [7, 19, 85, 113].

Встречаемые осложнения постоянно стимулируют изучение биомеханики процессов, происходящих при коррекции сколиоза. При этом в последнее время большое внимание уделяется некогда недооцененному послеоперационному сагиттальному балансу, который играет важную роль в клинических исходах лечения [89].

При анализе публикационной активности, посвященной теме сагиттального баланса, выявлено, что в ранний период публикации на данную тему были единичными. С 2009 г. их число не опускалось ниже 20, а после 2019 г. достигло 45 [35].

При этом основное внимание уделяется выявлению зависимости функциональных результатов операций по поводу деформаций позвоночника у взрослых от параметров сагиттального пояснично-тазового баланса. Большая часть формул, параметров и зависимостей не применима к идиопатическому подростковому сколиозу, так как при сколиозе патологические изменения затрагивают значительную по протяженности часть позвоночника и сопряжены со значительной торсией и ротацией позвонков [89].

1.1.2 Развитие представлений о балансе позвоночника. Методы оценки баланса

В процессе онтофилогенеза человеческий скелет претерпевал морфологические изменения при адаптации к прямохождению [159]. Таким образом, таз стал исполнять роль базиса, на который действуют силы тяжести

от позвоночника и силы реакции опоры, передаваемые через головки бедренных костей [152].

В 1994 г. Dubousset предложил рассматривать параметры глобального сагиттального баланса в контексте конуса экономии (COE – cone of economy). Вершиной конуса, согласно данной концепции, являлись стопы, а оптимальный баланс позвоночника позволяет сохранять положение тела внутри границ базы опоры (BOS – base of support) без дополнительных затрат энергии [65]. Перемещение туловища ближе к периферии конуса приводит к усилению затрат мышечных усилий, что зачастую вызывает болевые ощущения и усталость. Смещение туловища за пределы конуса делает невозможным удержание вертикального положения без дополнительных средств опоры [12, 82].

В 1990-х гг. впервые предложены тазовые модификаторы сагиттального баланса позвоночника: отклонение таза (PT), наклон крестца (SS) и наклон таза (PI). В отличие от угла наклона таза и крестца, которые могут изменяться при развитии патологии позвоночника, существует уникальная характеристика пельвиосакральных соотношений, называемая pelvic incidence (PI) [109]. Его уникальность заключается в том, что он не зависит от положения человека в пространстве, остается постоянной индивидуальной величиной и неизменяем. Примечательно, что все три описанных параметра связаны: известно, что pelvic incidence представляет собой сумму величин pelvic tilt и sacral slope. Pelvic incidence имеет большое значение в поддержании сагиттального баланса, так как более высокие его значения требуют компенсаторного увеличения поясничного лордоза [66].

После Duval-Beaupere множество исследователей подчеркнули важность тазовой морфологии в поструральном балансе у здоровых взрослых и детей, в частности путем влияния на поясничный лордоз [5, 6].

Долгое время в хирургии сколиотических деформации не обращали внимания на сагиттальный пояснично-тазовый баланс, ограничиваясь оценками глобальных фронтального и сагиттального балансов, соотношением

углов кифоза и лордоза к условной норме. Этому есть ряд объяснений. Во-первых, сколиоз является трехмерной деформацией, поэтому большинство параметров воспринимаются в сагиттальной плоскости искаженно. Во-вторых, исправляются деформации позвоночника путем деротации, а также контракционных и дистракционных воздействий, при которых рассчитать конечный угол кифоза и лордоза практически невозможно. В-третьих, большая часть операций заканчивается спондилолизом до уровня L3 и L4 позвонков, оставляя интактными нижнепоясничные сегменты, которые являются основополагающими в концепции пояснично-тазового баланса [121].

Кроме того, динамика послеоперационных изменений параметров баланса, как правило, плохо описывается в долгосрочных исследованиях, поскольку постуральные рентгенограммы в положении стоя начали использоваться не так давно, а большинство соответствующих пояснично-тазовых параметров анализа сагиттального баланса были приняты во всем мире только в последние 15 лет [77, 102, 103, 109, 140].

Именно несовершенство статических рентгенологических методов оценки баланса при сколиозе послужило толчком в дальнейшем поиске новых методик. На сегодняшний день одними из наиболее перспективных методов являются 3D-моделирование и 3D-видеоанализ. В настоящий момент метод 3D-видеоанализа имеет ряд недостатков, которые не позволяют в полной мере пользоваться всеми возможностями. Нет корреляционных взаимосвязей между рентгенологическими параметрами и данными, полученными в ходе видеоанализа, нет определенных норм расположения центра тяжести и скручивания туловища, которые достоверно говорили бы о нарушении баланса или задействовании компенсаторных механизмов.

В отечественной литературе есть лишь единичные публикации на тему 3D-видеоанализа с оценкой параметров сагиттального баланса. Т.И. Долганова с соавт. выявили закономерности рентгенологических и динамических параметров при походке, однако только в случае отсутствия

патологии позвоночника [11]. Также выявлена взаимосвязь рентгенологических параметров глобального сагиттального баланса и отклонением проекции точки С7 в трех плоскостях относительно S2 позвонка на опорной плоскости в статике. Но при динамическом исследовании походки корреляционная взаимосвязь пропадает [12].

В зарубежной литературе приводятся данные о том, что величина асимметрий в вертикальной составляющей силы реакции опоры у пациентов со сколиозом не отличалась от таковой у здоровых людей [6, 144]. Однако есть работы, которые демонстрируют нарушение постуральной стабильности у пациентов со сколиотическими деформациями при увеличении амплитуды колебаний во фронтальной и сагиттальной плоскостях [57].

Park et al. пришли к выводу, что подростки со сколиозом продемонстрировали более высокую синфазность и более низкую антифазную координацию, что привело к увеличению стабильности походки по сравнению со здоровыми обследуемыми [123].

Paul et al. при 3D-оценке послеоперационного баланса у пациентов со сколиозом пришли к выводу о необходимости более медиального смещения центра масс для кинетически выгодного баланса. Также отмечено влияние недостаточной коррекции грудного кифоза в развитии дисбаланса после хирургического лечения [125].

Также есть и другие методики анализа баланса позвоночника. Так, Shes et al. описали метод векторов, в котором тело каждого позвонка представлено на виде сверху стрелкой, иллюстрирующей его положение и вращение [92]. Одним из самых совершенных методов оценки не только баланса позвоночника, но и в целом баланса туловища, дающим более достоверную картину, является низкодозовая система EOS, позволяющая получать трехмерные аксиальные проекции и реконструкции. Pharreborde et al. в своих 3D-исследованиях показывают, что любое несоответствие между восстановлением выравнивания грудного и поясничного отделов приводит к смещению проксимального инструментированного позвонка кзади с

повышенным риском РЖК [90]. Несмотря на достаточно длительное существование данного метода, он до сих пор остается только перспективным. Широкого применения в практике он пока не нашел в силу дороговизны метода и отсутствия четко разработанных шкал и критериев оценки баланса, которые могли бы использоваться в практической деятельности.

Из существующих современных методов оценки баланса лишь немногие оценивают степень нарушения параметров. Определение степени дисбаланса может существенно повлиять на выбор хирургической тактики, а также помочь в прогнозировании исходов лечения. Для оценки степени сагиттального дисбаланса при деформациях позвоночника у взрослых (ASD) широко применяется классификация SRS-Schwab (2011), которая учитывает основные параметры, такие как PT, SVA и разницу соотношения PI-LL, а также полученные нарушения делит на степени, однако не учитывает возможный фронтальный дисбаланс [50, 107]. Классификация SRS-Schwab дает четкий план действий для различных степеней дисбаланса, но рекомендации эти применимы лишь для пациентов с дегенеративными заболеваниями позвоночника. Для пациентов с идиопатическим сколиозом данная классификация не применялась, поэтому степень дисбаланса не может быть достоверным фактором для определения тактики лечения.

1.1.3 Возрастные особенности показателей сагиттального баланса

Проблема идиопатического сколиоза в основном связана с детским и подростковым возрастом, так как большая часть идиопатических деформаций возникают в период второго спурта роста – в 11–13 лет [3]. Поэтому при изучении параметров сагиттального баланса очень важно обращать внимание на возрастные особенности формирования физиологических изгибов позвоночника и позвоночно-тазовых соотношений [120, 122, 127]. Долгое время проблема сагиттального баланса изучалась только у взрослых пациентов. Множество работ посвящено описанию нормальных параметров

баланса, разработаны формулы и методики вычисления оптимальных пояснично-тазовых соотношений, а также внедрен в клиническую практику целый ряд рекомендаций и классификаций, отражающих степень дисбаланса и позволяющих оптимально спланировать хирургическое лечение с учетом исходного состояния [2]. Для детского и подросткового возраста до сих пор не введены нормы параметров баланса [64]. В литературе оценены лишь некоторые аспекты и показатели пояснично-тазовых взаимоотношений на малых выборках. Обследование больших популяций детей затруднено, в первую очередь, по этическим соображениям [89].

Одним из самых больших по выборке пациентов исследований является работа Gutman et al., в которой приведены данные многоцентрового анализа показателей глобального сагиттального баланса у детей. Проведено рентгенологическое обследование 646 бессимптомных детей и подростков европеоидной расы. Исследователи пришли к выводу о том, что в 95 % случаев глобальный фронтальный баланс не нарушен, а в 78 % случаев имеется отрицательный сагиттальный баланс. Средние значения грудного кифоза, поясничного лордоза составили $44,8^\circ \pm 10,6^\circ$ и $56,7^\circ \pm 11,4^\circ$ соответственно. Основным выводом данной работы стало доказательство того, что отрицательный сагиттальный баланс далеко не всегда связан с патологией позвоночника у детей и подростков. Также не выявлено статистической зависимости между параметрами глобального баланса и возрастом [79].

Также не менее масштабным исследованием является работа Mac-Thiong et al. Авторы приводят данные обследований 341 здорового ребенка в возрасте от 3 до 18 лет. В результате получены средние значения грудного кифоза (TK), поясничного лордоза (LL), наклона крестца (SS), наклона таза (PT), pelvic incidence (PI), которые составили $44,0^\circ \pm 10,9^\circ$, $48,0^\circ \pm 11,7^\circ$, $41,4^\circ \pm 8,2^\circ$, $7,7^\circ \pm 8,0^\circ$, $49,1^\circ \pm 11,0^\circ$ соответственно. Эти данные отличались от нормальных параметров у взрослых, но корреляции между параметрами были схожими [114].

Lee et al. провели обследование 181 ребенка без патологии позвоночника с целью оценить сагиттальный профиль шейного отдела позвоночника. В ходе исследования были определены средние значения грудного кифоза (TK), поясничного лордоза (LL), наклона крестца (SS), наклона таза (PT), pelvic incidence (PI), а также отклонение среднекрестцовой линии (SVA), которые составили $33,2^\circ \pm 9,0^\circ$, $48,8^\circ \pm 9,0^\circ$, $34,9^\circ \pm 6,6^\circ$, $9,4^\circ \pm 6,1^\circ$, $43,9^\circ \pm 7,6^\circ$. Также отмечено, что сагиттальный профиль шейного отдела позвоночника у детей обладает значительной вариабельностью, при этом шейный кифоз был выявлен в 40 % случаев и не сопровождался болевыми ощущениями и неврологической симптоматикой [108].

В обзорной статье Н.О. Хусаинов с соавт. приводят данные о значительной вариабельности параметров грудного кифоза и поясничного лордоза у детей по данным разных авторов. Средние показатели грудного кифоза у бессимптомных детей составляют от $33,0^\circ$ до $45,8^\circ$, а поясничного лордоза – от $44,0^\circ$ до $64,0^\circ$. Причем большинство авторов доказывают изменение этих параметров по мере взросления детей и созревания костной ткани [35].

Также немаловажен вопрос возрастных особенностей параметров баланса позвоночника. Есть сообщения о том, что оссификация апофиза подвздошной кости происходит в промежутке между 13 и 16 годами в зависимости от пола, под влиянием гормональных изменений, связанных с половым созреванием [124]. При этом величина PI меняет свое значение [135]. Закрытие Y-образного хряща происходит к 13 годам в 60 % случаев, а к 15–16 годам – 90 % [130].

После анализа 257 здоровых детей в Китае Zhao et al. нашли корреляцию между возрастом и величиной PI, что позволило сделать вывод о том, что PI в возрасте до 12 лет является динамическим показателем. Также авторы разработали формулу вычисления нормального показателя PI для детей данной возрастной группы: $PI = 26,243 + 1,153 \times \text{возраст}$ [168].

Tringali et al. исследовали влияние нейросенсорной зрелости на поструральную стабильность у детей 4–16 лет. Проводились тесты на устойчивость в темноте с мерцающим зрительным стимулом. В результате авторы пришли к выводу, что поструральная стабильность формируется лишь в возрасте после 11 лет, что является важным в понимании формирования осанки и баланса позвоночника у детей [156].

По мере взросления человека в его организме появляются и неуклонно прогрессируют дегенеративные изменения. В позвоночнике наибольшему воздействию подвержены нижнепоясничные сегменты (L4–L5, L5–S1), что может сказываться на параметрах сагиттального баланса. Несмотря на возрастную градацию всемирной организации здравоохранения, которая относит к молодому возрасту лиц от 18 до 44 лет, в литературе часто встречается деление молодых людей на подгруппы: в возрастных рамках до 35 лет и после. Наиболее часто это деление рассматривается в аспекте возникновения болей в нижней части спины (*low back pain*) [9, 166].

В отечественной литературе есть сообщение о специально разработанных реабилитационных мероприятиях для данной возрастной группы пациентов, страдающих остеохондрозом [23].

Также имеются сообщения об особом подходе к терапии болевого синдрома у лиц в возрасте 18–35 лет с клинико-морфологическим обоснованием именно этого возрастного интервала [40].

В зарубежной литературе достаточно много публикаций, которые оценивают как частоту болевого синдрома в спине, так и вопросы дегенерации межпозвонковых дисков поясничного отдела позвоночника. Авторы оценивают риски развития данных изменений в зависимости от образа жизни пациентов, массы тела, вредных привычек и еще целого ряда сопутствующих факторов. Во многих публикациях встречается возрастная градация с указанием именно 35-летнего возраста [52, 118, 119, 122, 155, 164].

1.1.4 Особенности сагиттального баланса при сколиозе

В настоящий момент одной из основных действующих классификаций сколиозов, которая является руководством к выбору уровня фиксации и способа коррекции, является классификация Lenke [149]. При этом эта классификация не учитывает всех нюансов сагиттального контура позвоночника, поэтому в последнее время достаточно часто встречаются сообщения о методах лечения, идущих вразрез с данной классификацией (до 26 %). Это отражено в многоцентровом исследовании Clements et al. [58].

Из литературных данных нам известно, что улучшение функциональных результатов хирургического лечения деформаций позвоночника у взрослых (adult spinal deformity – ASD) невозможно без достижения оптимальных параметров сагиттального баланса. При ASD у большинства пациентов наблюдается прогрессирующее уменьшение поясничного лордоза (LL), компенсируемое ретроверсией таза, более или менее гибким грудным отделом позвоночника, иногда нижними конечностями [68, 146]. Если механизмов компенсации недостаточно, возникает передний дисбаланс, связанный с шейным гиперлордозом и коррелирующий с неудовлетворительными функциональными показателями [110].

При идиопатическом сколиозе предоперационная ситуация не соответствует ни одному из паттернов при ASD [103].

По результатам работы Rushton et al, при исправлении сколиотической деформации пациенты отмечают улучшение, в первую очередь, внешнего вида, а остальные сферы жизни практически не меняются [143].

Таким образом, цели хирургической коррекции сколиотических деформаций у подростков и деформаций позвоночника у взрослых совершенно различные. При исправлении идиопатического сколиоза зона спондилодеза редко доходит до L4 позвонка и почти никогда не доходит до таза и крестца. Кроме того, кажется практически невозможным создать

послеоперационный сагиттальный дисбаланс более 4 см у пациента, исходно сбалансированного или находящегося в субкомпенсации [74].

Имеется ряд публикаций, которые показывают, что исходно пациенты со сколиозом находятся в компенсированном состоянии или субкомпенсированы. При этом авторы не исключают задействование тазовой компенсации для поддержания равновесия [55, 117].

По мнению ряда авторов, изменения в позвоночнике при развитии сколиоза начинаются именно в сагиттальной плоскости [67, 98, 145].

В большинстве исследований описывается уплощение грудного кифоза, которое трудно поддается восстановлению [142].

Гипокифоз грудного отдела позвоночника, в свою очередь, чаще всего вызывает отрицательный глобальный сагиттальный баланс, который в большинстве случаев протекает бессимптомно. Частота уплощения грудного кифоза достигает 50 % [99, 159].

В противоположность этому Ries et al. провели анализ исходного сагиттального профиля 50 пациентов с деформациями позвоночника Lenke I и II типов и не обнаружили различий с контрольной группой пациентов (без деформации позвоночника) того же возраста [137].

Механизм формирования гипокифоза при сколиотических дугах V и VI типов по Lenke объясняется перемещением позвоночника кзади и латерально, что, в свою очередь, ведет к уменьшению поясничного лордоза, способствует кифотизации грудопоясничного отдела и уменьшает кифоз грудного отдела. Наиболее частыми и сложными для анализа остаются сколиотические дуги I и II типов по Lenke [141].

Развитие идиопатического сколиоза меняет форму позвоночника, что не позволяет адекватно соотнести изгибы позвоночника с имеющимися типами осанки по Roussouly. Таким образом Abelin-Genevois разделил сколиотические деформации на три паттерна. Паттерн 1, который являлся наиболее частым, соответствовал нормальному сагиттальному профилю. При нем наблюдается нормальный угол поясничного лордоза (с нормальным соотношением PI-LL),

сохраненный грудной кифоз (более 20°), шейный и переходный отделы без кифотизации. При этом корреляции с уровнем вершины сколиотической дуги не обнаружено. Паттерн 2 проявляется гипокифозом или лордозом грудного отдела позвоночника, который сопровождался или шейным кифозом (паттерн 2а), или грудопоясничным кифозом (паттерн 2b). Паттерн 3 является наименее частым (9 %) и сопровождается лордозом грудопоясничного отдела позвоночника. Такой вид деформации удлиняет поясничный лордоз и смещает переходный отдел проксимально. Кифоз же, в свою очередь, формируется в шейно-грудном отделе [43].

Данная модель кажется наиболее адаптированной для оценки исходного сагиттального профиля пациентов со сколиотическими деформациями, однако, требуется детальное изучение на большой когорте с целью создания практических рекомендаций к хирургическому лечению для оптимальной коррекции сагиттального контура у этой группы пациентов.

В литературе встречаются данные о том, что коррекция сколиотической деформации не оказывает существенного влияния на параметры сагиттального баланса, которые соответствуют условной норме для взрослых [24].

1.1.5 Качество жизни и параметры баланса. Осложнения при сагиттальном дисбалансе после коррекции сколиотических деформаций

Риск развития болей в спине в связи с дегенерацией смежных сегментов всегда является настораживающим фактором для хирурга при подготовке пациентов к протяженному спондилодезу. Возможно, это связано с отсутствием адекватных методик прогнозирования исходов хирургии в отдаленном периоде. Несмотря на этот факт, в литературе приводится достаточно много наблюдений, показывающих, что частота болей в нижней части спины после коррекции сколиотической деформации не превышает

таковую у пациентов контрольной группы в отдаленном периоде (более 20 лет после операции) [44, 62, 63, 153].

Кроме того, есть данные, которые не подтверждают тенденцию к сохранению максимального количества свободных сегментов при коррекции сколиоза. В результате проведенного метаанализа Lavelle et al. не нашли корреляционной взаимосвязи между дистальным уровнем фиксации и частотой боли в нижней части спины [106]. С другой стороны, есть публикации, доказывающие отрицательное влияние на параметры сагиттального баланса при выборе более дистального уровня фиксации [62]. Так, Ozkunt et al. приводят данные о более значительном изменении индекса РТ при расположении нижнего уровня фиксации на уровне L3 позвонка, расценивая это как компенсаторную реакцию для поддержания баланса [121].

Также имеются сообщения об отсутствии клинически значимой дегенерации дисков по Pfirrmann ниже уровня инструментализации, даже при 11-летнем сроке наблюдения [76]. Abelin-Genevois et al. приводят данные о значительном устойчивом улучшении гидратации межпозвонковых дисков, свободных от металлоконструкции после коррекции сколиотической деформации, особенно у пациентов с $PI < 52^\circ$ [42]. Perez-Gruezo et al. обнаружили, что при восстановлении или сохранении физиологического сагиттального контура после операции не наблюдается отличий в качестве жизни, дегенеративных изменениях и болей в спине у пациентов, перенесших хирургическую коррекцию сколиоза, и у пациентов без сколиоза [129].

В целом, возникает очень приятная картина с множеством довольных пациентов после хирургического лечения, однако, при более детальном изучении публикаций, посвященных дисбалансу в послеоперационном периоде, встречаются сообщения, пусть и менее многочисленные, свидетельствующие о том, что сагиттальный дисбаланс может привести к существенному снижению качества жизни и развитию послеоперационных осложнений [63, 72].

Одни авторы утверждают, что единственным сагиттальным параметром, который на сегодняшний день достоверно связан с худшими функциональными результатами, является синдром плоской спины [153]. Другие авторы приводят данные о возникновении положительного сагиттального дисбаланса позвоночника (смещение SVA кпереди более чем на 4 см), который является фактором риска для формирования болей в нижней части спины [49].

Также имеются сообщения о формировании дистального переходного кифоза в послеоперационном периоде (DJK – distal junctional kyphosis). Причем частота данного осложнения может достигать 14,6 %, особенно при невключении в зону спондилодеза переходного уровня или при кифотизации в сегментах Th10–L2 [95].

Missagi et al. приводят данные о том, что недостаточная коррекция грудного кифоза приводит к необходимости задействования компенсаторных механизмов таза для коррекции развивающегося отрицательного баланса. При отсутствии адекватной компенсаторной реакции тазовых параметров возникает риск формирования проксимального переходного кифоза [99].

Peng et al. сообщают о том, что возникновение переходного кифоза остается серьезной проблемой с высокой частотой возникновения, особенно при переходе к тотальным транспедикулярным конструкциям [128].

Isharborde et al. сообщают о высоком риске дисбаланса позвоночника при чрезмерном увеличении поясничного лордоза в результате деротации стержней. Особенно данный фактор опасен для пациентов с низким PI [91].

Несмотря на то что в большинстве случаев сообщается о хороших и удовлетворительных результатах хирургической коррекции сколиотических деформаций, даже в отдаленном периоде, пренебрегать параметрами сагиттального баланса ни в коем случае нельзя. Процент осложнений невысокий, но каждый такой случай может вызвать выраженный болевой синдром, привести к необходимости повторной операции и существенно снизить качество жизни пациента.

Интерес к изучению параметров баланса пока не дал полноценных практических рекомендаций. Есть сообщения о методиках коррекции грудного кифоза, которые помогают более гармонично сформировать сагиттальный контур. Одни авторы уделяют особое внимание деротации стержня, другие жесткости используемой конструкции [104, 120].

Guo et al. в своем исследовании сообщают о взаимосвязи угла наклона таза (РТ) и вероятности прогрессирования сколиоза. Если $РТ < -0,5$, то эффективность корсетотерапии считалась невысокой, а риск увеличения деформации существенно повышался [78].

1.1.6 Взаимосвязь параметров сагиттального баланса с функциями нижних конечностей

Позвоночно-тазовый баланс – важнейший элемент в биомеханике человека. Нарушения в данном сегменте могут негативно сказываться на всем опорно-двигательном аппарате. Не зря ортопеды, занимающиеся патологией тазобедренного сустава и стоп, все чаще обращают внимание на параметры пояснично-тазовых взаимоотношений.

Так, А.В. Овечкина с соавт. в своем исследовании приводят данные о том, что увеличение наклона таза достоверно нарушает соотношения в тазобедренных суставах, которые могут привести к вывихам и подвывихам [21].

Все больше авторов учитывают параметры сагиттального баланса и тип осанки при планировании хирургического лечения при патологии тазобедренного сустава [22, 158].

Есть исследования, посвященные опорной функции стоп при сколиозе, в которых отмечен ряд физиологических особенностей, связанных с балансом позвоночника [20].

Есть сообщения о том, что пояснично-тазовая фиксация, проведенная без учета параметров баланса, ведет к более высокому риску нестабильности металлоконструкции [59, 126].

Неоспоримо влияние сагиттального баланса и на шейный отдел позвоночника, который при грудном гипокифозе имеет тенденцию к кифотизации, являясь фактором риска для развития болевого синдрома. При этом прямой взаимосвязи именно параметров пояснично-тазового баланса с положением верхнешейного отдела позвоночника выявлено не было [45].

1.2 Идиопатический сколиоз и истмический спондилолистез

1.2.1 Определение спондилолистеза, классификации

Отдельно стоит остановиться на таком заболевании как спондилолистез L5. Сама локализация патологии говорит о том, что в данном состоянии неминуемо будут меняться пояснично-тазовые взаимоотношения. Причем как прогрессирование смещения позвонка может менять эти параметры, так и исходное состояние параметров может оказывать влияние на прогноз и течение истмического спондилолистеза.

Спондилолистез (spondylolisthesis; греческий spondylos позвонок + olisthesis скольжение) — приобретенное смещение позвонка по отношению к нижележащему (Н. Kilian, 1854 г.) [10].

Частота встречаемости в популяции составляет от 2 до 8 % [69, 70].

В 80 % наблюдений спондилолиз и спондилолистез протекают бессимптомно. Прогрессирование смещения после созревания скелета происходит относительно редко. В 30–50 % случаев спондилолиз не приводит к спондилолистезу [105, 111].

Сочетание сколиоза и истмического спондилолистеза у одного пациента всегда является случаем более эксклюзивным, требующим особого внимания и подхода. На сегодняшний день нет единого мнения об оптимальной тактике

лечения таких пациентов. По этой причине в литературе встречается большое количество описаний конкретных клинических случаев [113, 137, 168].

На сегодняшний день разработано большое количество разнообразных классификаций спондилолистезов. Классификации эволюционировали с развитием представлений о данном заболевании и развитием хирургических возможностей. В свое время достаточно популярными считались классификации Митбрейта, Wiltse, Хвисюка.

Однако наибольшее распространение приобрела классификация Meyerding, дополненная впоследствии Junge и Kuhl.

- I степень – смещение тела позвонка на одну четвертую по отношению к нижележащему позвонку;
- II степень – смещение тела позвонка на одну вторую по отношению к нижележащему позвонку;
- III степень – смещение тела позвонка до трех четвертей по отношению к нижележащему позвонку;
- IV степень – смещение тела позвонка от трех четвертей до полного смещения к нижележащему позвонку;
- V степень – полное смещение тела позвонка по отношению к нижележащему, так называемый, спондилоптоз (по Junge и Kuhl) [56].

В настоящий момент разработаны классификации спондилолистезов с учетом параметров сагиттального баланса. Для дегенеративных спондилолистезов наибольшее распространение получила классификация Gille (2017 г.). С учетом степени нарушения сагиттального баланса и степени смещения позвонков даются рекомендации по определенному виду лечения. В 2008 г. Х. Лабелл и Дж.М. Мак-Тионг в новой классификации (8 типов спондилолистеза) основывались на степени (низкая или высокая) смещения позвонка, учитывали PI (низкий, нормальный или высокий) и позвоночно-тазовое отношение (сбалансированное или нет), а также степень дисплазии (высокая или низкая) [14].

Для истмических спондилолистезов наиболее распространенной в настоящее время является классификация SDSG (Spinal Deformity Study Group), доработанная и исправленная версия классификации Х. Лабелла с соавт. Особенность данной классификации в том, что учитываются не только параметры сагиттального баланса, но и степень дисплазии пояснично-крестцового отдела позвоночника. При этом линию замыкательной пластинки S1, которую при значительных диспластических изменениях провести достаточно сложно, предложено рассчитывать по теоретической траектории [15]. В данной классификации выделяют 6 типов [100].

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

тип 1 – низкие значения PI (менее 45°);

тип 2 – средние значения PI (45–60°);

тип 3 – высокие значения PI (более 60°).

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

тип 4 – сбалансированный таз (без включения компенсаторных механизмов);

тип 5 – включение компенсаторного механизма в виде ретроверсии таза, но без сагиттального дисбаланса;

тип 6 – сагиттальный дисбаланс.

Также предприняты попытки создать классификацию для сколиотических деформаций при спондилолистезе [151]:

- sciatic scoliosis – натяжение L5 корешка с радикулопатией и развитием анталгической деформации, эта деформация мобильна и без значительной торсии (Crostellì, 2013; McPhee, 1980) [61, 115];

- olisthetic scoliosis – результат ротации тела смещенного позвонка при несимметричном спондилолистезе до 30 % (Toiner, 1963; Libson, 1984); описан Neugebauer в 1888 г. [111];

- идиопатический сколиоз и спондилолистез как две самостоятельных патологии.

Goldstein et al. выделяют 2 типа деформаций [75]:

- спондилолистез и грудной сколиоз (каждая патология лечится самостоятельно);
- спондилолистез и поясничный сколиоз (лечение листеза – часть решения общей проблемы).

При изучении проблемы сколиоза и спондилолистеза только две последние классификации могут быть применимы для определения дальнейшей тактики лечения. В этом случае два заболевания отдельно друг от друга характеризуются своими рисками прогрессирования, показаниями к хирургическому лечению.

1.2.2 Эпидемиология

Частота встречаемости сочетания данных патологий варьируется в больших пределах. Связано это с тем, что нет четкого разграничения в плане этиологии заболеваний. Некоторые авторы сообщают о том, что сколиоз встречается в 47–48 % случаев при спондилолистезе. При этом в группу включения попадают все деформации более 15°, а по локализации в основном являются поясничными и грудопоясничными [115]. В этих случаях скорее уместно рассматривать сколиоз как следствие спондилолистеза, и формироваться сколиотическая дуга может по причине болевого синдрома, либо из-за асимметричного соскальзывания L5 позвонка. В этих случаях при хирургическом лечении смещения L5 позвонка можно рассчитывать на уменьшение сколиотической дуги.

В общей популяции спондилолистез встречается от 2,4 [71] до 6,0 % случаев [25, 86].

Исследователи из университета Вирджинии (США) провели анализ подростков 10–19 лет, обратившихся за помощью в 2007–2010 гг. по причине

болей в спине. Более чем в 80 % случаев точный диагноз не был поставлен в течение года. Наиболее частыми последующими диагнозами были дисторсия мышечно-связочного аппарата (мышечный спазм; 8,9 %), затем сколиоз (4,7 %), дегенеративные поражения поясничного отдела позвоночника (1,7 %) и грыжи поясничного диска (1,3 %). Частота всех других диагнозов, включая спондилолиз, спондилолистез, инфекцию, опухоль и перелом, имела <1 % [168].

По данным Gennari et al., причиной возникновения болей в спине в 31 % случаев является сколиоз, в 13 % – спондилолиз и в 5% – спондилолистез [73].

Спондилолистез при сколиозе встречается в 1,2 % [93, 137].

McPhee et al. отметили тот факт, что частота возникновения сколиоза была выше при смещении позвонка более 25 %. Наименьшая частота сколиоза наблюдается при истмическом спондилолистезе [115].

Исходя из этих сообщений, можно сделать вывод о том, что частота встречаемости спондилолистеза при сколиотических деформациях такая же, как и в общей популяции. При этом поясничный и грудопоясничный сколиоз может возникать вследствие асимметричного соскальзывания позвонков.

Нередки сообщения о сочетании спондилолистеза и сколиоза у пациентов с синдромом Марфана, нейрофиброматозом, spina bifida L5 позвонка [30, 48, 154, 168]. Но достоверно сказать, что какая-либо патология, в том числе сопровождающаяся системной дисплазией соединительной ткани, может послужить причиной развития спондилолистеза, нельзя.

Другие исследователи связывают вертеброгенную патологию, такую как сколиоз и спондилолистез, с плоскостопием, считая их фактором риска для формирования патологии стоп [31]. Хотя скорее всего одним из важных факторов является несостоятельность соединительной ткани.

Наиболее частым симптомом, позволяющим выявить спондилолистез, является боль в спине. Более чем в половине случаев болевой синдром развивается в результате травм [30, 136].

Ramirez et al. сообщают о том, что боли в спине у детей и подростков со сколиозом встречаются в 32 % случаев. С увеличением возраста и зрелости костной ткани, а также при наличии травм в анамнезе боли склонны усиливаться. Более чем в половине случаев боли носили временный характер и купировались при проведении консервативной терапии [136].

1.2.3 Факторы риска прогрессирования спондилолистеза

У детей в возрасте до 1 года спондилолистез практически не встречается, а к 5–7 годам достигает 5 %, в дальнейшем частота встречаемости увеличивается мало и к 18 годам достигает 6 %. При этом в большинстве случаев болезнь протекает бессимптомно [167]. Этот факт может подтверждать роль вертикальных нагрузок на дужку L5 позвонка, вследствие чего может возникать ее усталостное повреждение. Спондилолистез, возникший в детском и подростковом возрасте, редко прогрессирует, достигая III–IV степеней (по данным различных авторов, от 1 до 22 %), а после подросткового возраста и вовсе не прогрессирует. Частота встречаемости у мальчиков и девочек практически одинаковая, но более тяжелые степени смещения L5 позвонка у пациентов женского пола [25, 148].

А.И. Продан с соавт. факторами риска прогрессирования спондилолистеза считают следующее: 1) нарушение сагиттального позвоночно-тазового баланса; 2) дисплазии пояснично-крестцового отдела позвоночника (*spina bifida*, гипоплазия суставных отростков, гипоплазия поперечных отростков и связанная с нею дисплазия *lig. iliolumbales*, гипоплазия дуги L5 и S1 позвонков, высокое стояние позвонка L5 относительно биспинальной линии и др.); 3) трапециевидная деформация тела позвонка L5 и куполообразная деформация верхней поверхности крестца; 4) спурт роста у детей и подростков; 5) незавершенный морфогенез осевого скелета; 6) нестабильность люмбосакрального сегмента; 7) появление и

прогрессирование дегенеративных изменений межпозвонкового диска на уровне смещения [25, 68].

Другие авторы сообщают о том, что у мальчиков спондилолистез встречается в 3 раза чаще, чем у девочек [30, 139].

Помимо спондилолистеза, на показатели баланса влияет величина грудной сколиотической дуги. Кроме того, у пациентов с поясничным дегенеративным сколиозом уменьшается поясничный лордоз [81].

Обществом исследования сколиоза (Scoliosis Research Society – SRS) проведен анализ детского и подросткового спондилолистеза. Доказано, что при наличии двустороннего дефекта межсуставной части дужки очень высокий риск прогрессирования спондилолистеза до I–II степеней (от 43 до 74 %). При односторонних дефектах, раннем выявлении очень велики шансы самостоятельного образования блока в области спондилолиза [80]. При спондилолистезе существенно возрастает риск развития болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника и неврологической корешковой симптоматики, которые являются показанием к хирургическому лечению. В проведенном мультицентровом исследовании не нашлось достаточно достоверных доказательств прогнозирования течения спондилолистеза для выполнения ранних хирургических вмешательств [60].

Наиболее обсуждаемым в литературе фактором риска прогрессирования спондилолистеза является нарушение пояснично-тазового баланса, причем как у детей, так и взрослых пациентов [116].

В 2004 г. Labelle et al. выявили специфические изменения, связанные со спондилолистезом, и сообщили, что PI сильно коррелировал со степенью смещения L5 позвонка [101], хотя эти данные неоднократно оспаривались другими исследователями [88, 162].

С другой стороны, и более низкие показатели PI ($<45^\circ$) также могут быть причиной формирования спондилолистеза. Формируется спондилолизный дефект по механизму «nut-cracer», за счет давления дужек L4 на межсуставную часть дужки L5 позвонка [41].

1.2.4 Консервативное лечение спондилолистеза

Некоторые исследователи сообщают о попытках оценить прогрессирование спондилолистеза по признакам, выявляемым при помощи МРТ. Разработаны алгоритмы анализа интенсивности МР-сигнала от межпозвонковых дисков, доказан неблагоприятный прогноз при дегенерации межпозвонкового диска [73, 130]. Обществом исследования сколиоза проведен анализ публикаций, касающихся детского и подросткового спондилолистеза. При отборе статей для исследования выявлено большое количество работ с низким уровнем доказательности. При проведенном анализе сообщений, соответствующих высокому уровню доказательности, получены сведения о том, что положительный эффект от консервативного лечения спондилолистеза достигается в 80 % случаев, а при хирургическом лечении – в 85 %. При этом нет адекватных групп сравнения пациентов, не определены сроки, чтобы считать консервативное лечение неэффективным. Пациенты, подвергшиеся хирургическому лечению, зачастую не получали консервативной терапии. Оказалось, что невозможно оценить эффективность одного конкретного метода консервативной терапии, а также сравнить эффект от разных видов хирургического лечения по причине разной степени инвазивности и методик. В итоге исследователи пришли к выводу, что данная патология требует дальнейшего детального рассмотрения [60].

Основная цель консервативной терапии – купировать болевой синдром. При спондилолистезе низких степеней у детей и подростков исключительно редко возникает компрессия нервных структур, поэтому консервативная терапия в подавляющем большинстве случаев обладает положительным эффектом [27, 44, 136].

Хирургическое лечение по поводу болей в спине требуется в исключительно редких случаях при неэффективности консервативной терапии, компрессии нервных структур, при доказанном в динамике прогрессировании деформации [73].

В литературе нередко сообщается о том, что в группах наблюдений пациентов детского и подросткового возраста со спондилолистезом после перенесенной операции и без таковой не выявлено существенной разницы в плане прогрессирования листеза, качества жизни и болевых ощущений [53, 165].

Так, например, Lundine et al. также свидетельствуют об отсутствии существенной разницы в жалобах и качестве жизни у пациентов, перенесших операцию по поводу спондилолистеза, и детей и подростков, получавших консервативную терапию. При этом, риск неблагоприятного результата выше при исходно более высокой степени спондилолистеза в обеих группах. Зачастую нет показаний к экстренному хирургическому лечению при бессимптомном течении либо с незначительными проявлениями. Хирургическая операция в более взрослом возрасте показывает более эффективные результаты с меньшим риском осложнений. При отсутствии консервативного лечения субъективно болевые ощущения хуже. Данные оценивались с использованием анкеты SRS-30 [113].

В исследовании, проведенном Хие et al., в группах наблюдений пациентов со спондилолистезом после перенесенной операции и без таковой, не выявлено существенной разницы в плане прогрессирования листеза, качества жизни и болевых ощущений [165].

В противовес вышеуказанным данным в литературе встречаются исследования, в которых доказывается более высокая эффективность хирургического лечения по сравнению с консервативным. Но при этом значимого прогрессирования спондилолистеза у детей и подростков без операции не наблюдается в срок наблюдения до двух лет [54].

Некоторые авторы сообщают об успешной корсетотерапии при спондилолистезе. Однако эти исследования не подтверждены данными лучевых методов диагностики, а опираются на положительные клинические проявления в виде значительного снижения болевого синдрома [51]. Есть данные об успешном консервативном лечении спондилолистеза высокой

степени у девочки с грудным сколиозом и симптомом нейрогенной хромоты при помощи корсета. Степень спондилолистеза осталась прежней, но неврологическая симптоматика частично регрессировала [161].

1.2.5 Хирургическое лечение спондилолистеза

Несмотря на то что история хирургического лечения спондилолистезов насчитывает не одно десятилетие, до сих пор нет единого подхода к выбору хирургической тактики [38]. Нет однозначных и четких признаков прогрессирования, встречаются совершенно отличающиеся друг от друга показания к хирургическому лечению и различные методы лечения. В литературе последних лет сообщается о более успешном лечении со значительно меньшим количеством осложнений.

На сегодняшний день все больше встречается сообщений о положительных результатах хирургического лечения спондилолистезов I–II степеней, а также спондилолизом без смещения позвонков у детей и подростков, что говорит о более высокой хирургической агрессии [28].

Только в немногих статьях указаны четкие показания к хирургическому лечению. Например, Pink et al., считают что хирургическому лечению подлежат пациенты с некупируемым болевым синдромом при консервативной терапии, с нестабильностью позвоночника или подтвержденным прогрессированием степени смещения [132].

Также показанием к хирургическому лечению несомненно является компрессия нервных структур, которая может возникать даже при низких степенях спондилолистеза [1, 36, 71, 97].

В последнее время все больше внимания уделяется пояснично-тазовому балансу, нарушение показателей которого может ухудшать прогноз течения заболевания. Также на данные показатели обращают внимание в ходе предоперационного планирования [8, 25].

А.И. Продан с соавт. пришли к выводу о том, что хирургическое лечение спондилолистезов I–II степеней не представляет сложностей, поэтому зачастую достаточно только задней транспедикулярной фиксации с редукцией позвонка. При лечении спондилолистезов более высоких степеней обязательен циркулярный спондилодез с различными вариантами вертебротомий и в условиях нейромониторинга [26].

Одни авторы сравнивают результаты хирургического лечения спондилолистезов низкой степени методом декомпрессии нервных структур с методом редукции тела позвонка, проводя оба вмешательства в условиях транспедикулярной фиксации. При этом не обнаружено существенной разницы в результатах лечения в обеих группах [4, 47].

Другие склонны считать циркулярный спондилодез оптимальным методом лечения для различных возрастных групп [10, 28, 83]. Особенно циркулярный спондилодез необходим, если спондилолистез сопровождается врожденными аномалиями развития L5 позвонка [16, 48].

При сравнении результатов хирургического лечения спондилолистезов I–III степеней методом передней декомпрессии и стабилизации и методом заднебокового спондилодеза с транспедикулярной фиксацией не выявлено существенных различий в исходах лечения [29]. При изолированном переднем спондилодезе частота неудовлетворительных результатов может достигать 25,5 % [37, 138].

Большинство авторов склонно считать, что полноценная редукция сместившегося позвонка при спондилолистезе III и более степеней несет в себе повышенный риск неврологических осложнений [8, 28]. При этом коррекция должна проходить в условиях интраоперационного нейромониторинга [33].

А.П. Шеин с соавт. пришли к выводу, что одномоментная редукция позвонка свыше 90 % относительно величины исходного смещения при наличии положительного клинического эффекта несколько ухудшает прогноз на последующее восстановление ЭМГ-характеристик функционального состояния сенсомоторного структур нижних конечностей [39].

При проведении многоцентрового исследования SRS, выявлено, что около 50 % пациентов со спондилолистезом имели компрессию нервных структур. При хирургическом лечении общий уровень осложнений составил 10,4 %. В 31,50 % случаев зафиксировали усугубление неврологического дефицита, в 8,13 % – разрыв дурального мешка, 12,20 % – инфекции [71].

Waddell et al. пришли к выводу о том, что выполнение заднебокового межтелового спондилодеза при дегенеративном сколиозе и спондилолистезе приводит к стабильной фиксации и формированию надежного блока в 88–96 % случаев. Результаты лечения становятся значительно лучше при дополнении метода задней транспедикулярной фиксацией. Более чем в 50 % случаев наблюдались боли, иррадиирующие в нижние конечности, и слабость в ногах, которые купированы в течение полугода. При использовании транспедикулярной фиксации были следующие осложнения: в двух случаях – формирование переходного кифоза, в одном – несостоятельность инструментария [160].

Также приводятся данные о применении малоинвазивных технологий хирургической коррекции спондилолистеза [32].

Некоторые специалисты указывают на высокую эффективность эпидурального адгезиолиза в сочетании с кинезотерапией у пациентов с поясничным спондилолистезом [34].

Анализ осложнений при хирургическом лечении спондилолистезов высоких степеней у детей и взрослых не показывает существенной разницы в двух возрастных группах. Осложнения достигают 24,8 %. Нарастание неврологического дефицита – наиболее частое осложнение (до 11,9 %). При этом появившийся неврологический дефицит регрессирует в ближайшие полгода в 90 % случаев [94].

1.2.6 Хирургическое лечение сколиотических деформаций при спондилолистезе

Что касается хирургии сколиотических деформаций, то существуют данные о том, что проведенная в подростковом возрасте операция не приводит к выраженным дегенеративным изменениям в смежных сегментах и в большинстве случаев не требует хирургического лечения. Вовремя проведенный спондилодез по поводу сколиотических деформаций, даже в детском возрасте, обладает более высокой эффективностью, чем отсроченные операции во взрослом возрасте. Срок наблюдений – до 51 года [163].

Также существует опыт сравнения качества жизни пациентов со сколиозом и пациентов со спондилолистезом, перенесших оперативное лечение в подростковом возрасте. Пациенты после коррекции сколиоза показывают большую удовлетворенность лечением и имеют более долгосрочный стабильный эффект. Но при спондилолистезе, скорее всего по причине выраженного болевого синдрома, пациенты имели более низкие показатели. Также после хирургического лечения спондилолистеза достаточно часто наблюдается рецидив болевого синдрома – до 6 % случаев. Средний срок наблюдения для пациентов со спондилолистезом составил 14,8 лет, для пациентов со сколиозом – 17 лет [84].

Если рассматривать сколиоз взрослых, то часто возникает вопрос о том, необходимо ли вообще прибегать к хирургическому лечению, особенно с учетом факта крайне редкого прогрессирования сколиоза по окончании активного костного роста. На этот вопрос отвечает сообщение о том, что при хирургическом лечении сколиоза у взрослых отмечается значительное уменьшение болей и улучшение качества жизни по сравнению с пациентами, которые получали консервативную терапию [150].

В мировой литературе преобладает мнение, что сколиоз появляется вследствие спондилолистеза. И поэтому при адекватной коррекции

спондилолистеза высоки шансы самопроизвольного разрешения сколиотической дуги [69].

Например, Peterson et al. пришли к выводу о том, что асимметричный умеренный спондилолистез является причиной возникновения поясничного сколиоза у детей и подростков. С введением в практику более современных методов диагностики, таких как 3D-КТ, доказать взаимосвязь возникновения поясничного сколиоза на фоне спондилолистеза становится проще [131]. Также Pneumatics et al. приводят несколько случаев с уменьшением сколиотической дуги [133].

Встречаются мнения, где авторы предлагают считать разными патологиями сколиоз и спондилолистез [75].

Статья Crostelli и Mazza вызвала множество возражений. Авторы высказали мнение о том, что сколиоз, вызванный спондилолистезом, обычно имеет поясничную дугу не более 15° по Cobb. Но при этом наличие спондилолистеза в качестве сопутствующей патологии может приводить к большему прогрессированию сколиотической деформации. При выборе метода лечения нужно ориентироваться на те показания к операции, которые используются для отдельно взятых патологий, и изолированно лечить одну из патологий, являющуюся ведущей по клиническим проявлениям [61]. В ответ на это сообщение была опубликована статья, где авторы описывают случай самостоятельного разрешения грудного сколиоза 50° после коррекции только спондилолистеза L5–S1 88 % у девочки 12 лет. Пациентка наблюдалась по поводу деформации позвоночника в течении двух лет, не имела жалоб на боли в спине и неврологического дефицита. Сколиоз практически полностью исправлялся в положении лежа на спине, то есть был мобильным [169]. Похожий случай описан в другой публикации: хирургическое лечение спондилолистеза у пациентки 12 лет с радикулопатией L5 и стойким сколиозом. Выполнена операция по поводу спондилолистеза. Сразу после операции сколиотическая дуга без динамики. Через год после операции –

полное разрешение деформации. Также купирован болевой синдром и регрессировала неврологическая симптоматика [151].

Встречаются сообщения о наличии спондилолистеза при нейрофиброматозе. Пациентку с нейрофиброматозом, дуральной эктазией и спондилолистезом при умеренно выраженном сколиозе беспокоили боли в поясничном отделе. Проведена фиксация транспедикулярной конструкцией со спондилодезом аутокостью из гребней подвздошных костей L1–S1 – боли купированы. Сколиоз же остался без динамики [168].

Описан еще один интересный клинический случай. Пациентка с мукополисахаридозом, сколиозом, двусторонним спондилолизом L5 без спондилолистеза. Проведен переднезадний спондилодез Th9–L4. После операции развился спондилолистез L4 I–II степеней, который в течении 3,5 лет не прогрессировал, клинически не проявлялся. Исходно кифоз грудопоясничного отдела 60°, скорригирован до 4°, сколиоз 42°, скорригирован до 4° [137]. Очевидно, что коррекция кифоза в данном случае оказалось недостаточной, так как в норме поясничный отдел должен быть лордозирован. Либо данный вид осложнения развился при недостаточной коррекции глобального сагиттального баланса, так как верхний инструментированный позвонок располагается на уровне Th9, что зачастую является вершиной физиологического кифоза, и по этой причине неблагоприятной точкой фиксации из-за высокого риска дисбаланса туловища и формирования переходных кифозов.

В другом исследовании из 34 пациентов со спондилолистезом у 10 был сколиоз, который потребовал дальнейшей хирургической коррекции. В восьми случаях, связанный с листезом, в двух – идиопатический. Проведен спондилодез между поперечными отростками L5 и крыльями крестца с использованием аутотрансплантатов из гребней подвздошных костей, без декомпрессии и использования инструментария. Несмотря на наличие спондилолиза, у ряда больных получен стабильный результат, позволивший вернуться к профессиональному спорту 28 пациентам [157]. В данном

сообщении четко разграничивается идиопатический сколиоз и связанный со спондилолистезом. Даже несмотря на преобладание вторичного сколиоза, необходимость хирургической коррекции его была достаточно высокой.

Arlet et al. рассматривают сколиоз и спондилолистез как различные заболевания. Только в редких случаях сколиоз возникает по причине асимметричного спондилолистеза, при этом оперативное лечение спондилолистеза может уменьшить либо практически полностью убрать сколиотическую дугу. Хирургическое лечение необходимо только по строгим показаниям в каждой отдельно взятой патологии. Коррекция сколиоза при спондилолистезе не оказывает негативного влияния на состояние смещенного позвонка [46].

Некоторые авторы склонны считать, что коррекция только сколиотической деформации не приводит к прогрессированию спондилолистеза и не ухудшает качество жизни по сравнению с пациентами со сколиозом, но без спондилолистеза. Срок наблюдения – 4 года. При этом залогом положительного результата является сохранение как минимум трех свободных уровней от нижнего инструментированного позвонка до уровня L5 [86].

Другие исследователи дают данные о том, что хирургическое лечение идиопатического подросткового сколиоза не приводит к существенному усилению дегенерации нижележащих межпозвонковых дисков. Срок наблюдения – 9 лет [111].

Существенная разница подходов к лечению пациентов данной группы, отсутствие определенной тактики, которая бы позволила проводить своевременную коррекцию сколиотической деформации позвоночника с минимальным риском неврологических осложнений и механических осложнений, побуждают к детальному изучению факторов риска прогрессирования спондилолистеза, в том числе с позиции параметров сагиттального баланса.

ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Дизайн исследования

Одноцентровое ретроспективное наблюдательное контролируемое (исторический контроль) исследование.

Проведен анализ литературных данных о методах изучения баланса позвоночника у пациентов с идиопатическим сколиозом на предоперационном этапе и в период послеоперационного наблюдения. На основании этих данных выявлены основные проблемы в методах оценки параметров сагиттального баланса и возможностях клинического применения расчетных данных. Определены возрастные особенности изменения сагиттального контура позвоночника, в том числе возрастные рамки окончательного формирования физиологических изгибов позвоночника и средний возраст проявления дегенеративных изменений. Также проведен анализ данных о состоянии проблемы истмического спондилолистеза у пациентов с идиопатическим сколиозом. Рассмотрены основные подходы, существующие в лечении данной патологии, оценены факторы риска прогрессирования смещения.

Проведен ретроспективный анализ исходного сагиттального и фронтального баланса позвоночника у пациентов с идиопатическим сколиозом I и III типов по Lenke, а также у пациентов, имеющих сочетание таких патологий, как истмический спондилолистез и сколиоз. Оценено влияние коррекции сколиотической деформации на изменение параметров баланса и прогрессирование спондилолистеза в ближайшем и отдаленном периодах.

Проведена оценка степени дисбаланса позвоночника после хирургического лечения сколиоза, а также влияния нарушения баланса позвоночника на качество жизни пациентов и удовлетворенность результатами хирургического лечения.

Ретроспективно оценен метод хирургического лечения идиопатического сколиоза при спондилолистезе без включения в зону спондилодеза L5–S1 сегмента.

2.2 Характеристика групп

В клинику детской и подростковой вертебрологии Новосибирского НИИТО им. Я.Л. Цивьяна в 1997–2021 гг. обращались с целью коррекции деформации позвоночника 3343 пациента с идиопатическим сколиозом.

Показания к хирургическому лечению сколиотической деформации, согласно рекомендациям SRS (Scoliosis Research Society):

- сколиотические деформации более 40° по Cobb;
- сколиотические деформации более 30° по Cobb, но с выраженным косметическим дефектом и/или декомпенсацией туловища во фронтальной плоскости, и/или рентгенологически доказанным прогрессированием более 10° в год в подростковом возрасте.

Для оценки баланса позвоночника были выбраны пациенты со сколиотическими дугами Lenke I и III типов, в которых основная дуга локализовалась в грудном отделе позвоночника. Количество таких пациентов составило 1797. Основопологающим моментом в выборе типа сколиотической деформации явилось желание исключить прямое влияние сколиотической болезни на параметры пояснично-тазового баланса. Таким образом, вершинный максимально ротированный позвонок находился на значительном удалении от таза. И даже при сколиотических дугах III типа по Lenke, когда имелось поясничное противоискривление, нижний концевой позвонок в большинстве случаев располагался не ниже L4 позвонка.

Вторым критерием отбора пациентов для исследования явился возраст. Интерес для исследования представляют молодые пациенты, у которых уже окончательно сформировались пояснично-тазовые взаимоотношения и физиологические изгибы позвоночника, но при этом еще не сформировались

выраженные дегенеративные изменения в нижнепоясничном отделе позвоночника. Несмотря на возрастные рамки, установленные ВОЗ для молодого возраста, которые составляют 18–44 года, в литературе встречается множество сообщений о том, что после 35 леткратно увеличивается число пациентов с болями в нижней части пояснице. Также имеются исследования, посвященные изучению дегенеративных изменений в поясничном отделе позвоночника методами лучевой диагностики (МРТ и рентгенографии), которые говорят о наличии существенных дегенеративных изменений после 35 лет [112, 118, 119]. При выборе нижнего возрастного порога обращали внимание на зрелость костной ткани, созревание нейровегетативной системы и вестибулярного аппарата, но ведущим фактором было выявление срока формирования окончательного параметра PI. Из литературных данных удалось получить информацию, что в 90 % случаев PI сформирован к 15–16 годам. Средние значения, конечно, не отражают всех индивидуальных особенностей организма, поэтому для чистоты исследования было решено ориентироваться не только на возраст, но и на тест Риссера. Таким образом, возраст включения в исследование составил от 15 до 35 лет; тест Риссера – 2 и выше.

Помимо этого, из исследования исключены пациенты с тяжелой соматической патологией и психическими расстройствами, ранее оперированные на позвоночнике, с инфекциями области хирургического вмешательства, которым потребовалось удаление инструментария на ранних сроках. Обязательным условием включения в исследование было проведение хирургической коррекции сколиотической деформации инструментарием III поколения (CD), срок послеоперационного наблюдения не менее двух лет и наличие постуральных рентгенограмм перед хирургическим лечением. После применения параметров включения/исключения доступными для исследования остались 818 пациентов. С учетом необходимости долгосрочного контроля, а также для оценки динамики параметров баланса был выбран срок послеоперационного наблюдения не менее двух лет, причем

с обязательным наличием постуральных рентгенограмм, что существенно снизило размер выборки. Ключевым моментом существенного снижения количества исследуемых явилась география пациентов. Многие из-за удаленности проживания не имели возможности посещать послеоперационный контроль в установленные сроки, ограничиваясь заочными дистанционными консультациями, зачастую высылая рентгенограммы низкого качества.

Таким образом, для исследования отобрали 268 пациентов после хирургической коррекции сколиотической деформации позвоночника сегментарным инструментарием, которые полностью соответствовали критериям включения и исключения. Средний возраст пациентов на момент обращения составил $19,6 \pm 5,1$ года (рисунок 1).

Критерии включения в исследование пациентов с идиопатическим сколиозом:

- больные идиопатическим сколиозом, нуждающиеся в оперативном лечении по поводу идиопатического сколиоза;
- ранее неоперированные на позвоночнике и спинном мозге;
- срок наблюдения более 2 лет после операции;
- наличие постуральной рентгенографии с захватом головок бедренных костей перед операцией (хирургическое лечение после 2010 г.);
- хирургическое лечение сегментарным инструментарием III поколения;
- основная грудная сколиотическая дуга (I и III тип по Lenke);
- возраст – 15–35 лет;
- тест Риссера – 2 и более.

Критерии исключения:

- пациенты с иными формами сколиотических деформаций;
- отказ пациента от оперативного лечения;
- пациенты с тяжелой соматической патологией или психическими расстройствами;

– пациенты с инфекционными осложнениями в послеоперационном периоде, потребовавшими удаления инструментария.

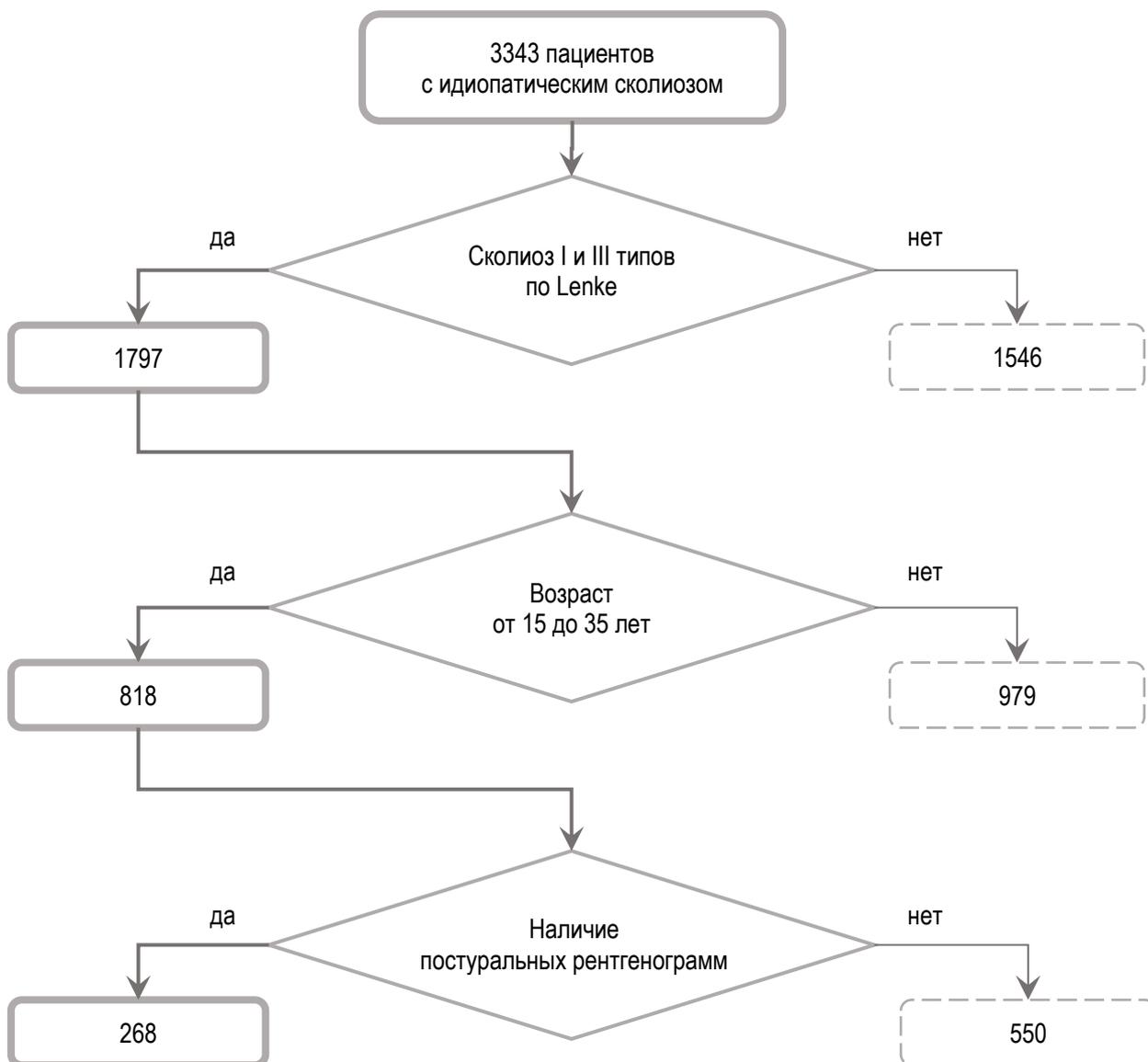


Рисунок 1 – Алгоритм формирования основной группы исследования

Критерии досрочного выбывания из исследования:

– отсутствие послеоперационных постуральных рентгенограмм.

Во вторую группу вошли пациенты с идиопатическим сколиозом и истмическим спондилолистезом I и II степеней. Выбор данной группы обоснован тем, что спондилолистез является таким заболеванием, при котором основная проблема располагается в зоне непосредственного формирования параметров пояснично-тазового сагиттального баланса. Также интерес данная

группа пациентов представляет по причине отсутствия стандартов в подходе к лечению. При изолированном спондилолистезе показания к хирургическому лечению определены четко – болевой синдром, неврологическая симптоматика, прогрессирование смещения позвонка. При необходимости хирургической коррекции сколиоза и отсутствии показаний к операции по поводу спондилолистеза возникает множество нерешенных вопросов.

Всего в клинику Новосибирского НИИТО им. Я.Л. Цивьяна с данной проблемой с 1998 по 2021 г. обратился 51 пациент, что составило 1,55 % от общего числа пациентов со сколиозом. Все пациенты обращались в клинику для проведения коррекции деформации позвоночника. Жалоб на боли в поясничном отделе позвоночника и нижних конечностях не предъявляли. Для оценки результатов лечения после применения параметров включения и исключения оказалось доступными 29 пациентов, которым проведено хирургическое лечение инструментарием III поколения без включения в зону спондилодеза L5 позвонка. Средний возраст на момент обращения – $17,4 \pm 3,5$ года. Соотношение пациентов мужского и женского пола – 1,00:3,25 (М – 12, Ж – 39).

Критерии включения в исследование пациентов с идиопатическим сколиозом и истмическим спондилолистезом L5 позвонка:

- наличие идиопатического сколиоза;
- нуждающиеся в оперативном лечении по поводу идиопатического сколиоза;
- ранее неоперированные на позвоночнике и спинном мозге;
- отсутствие инфекционных осложнений в послеоперационном периоде, потребовавших удаления инструментария;
- срок наблюдения более 2 лет после операции;
- наличие постуральной рентгенографии с захватом головок бедренных костей;
- хирургическое лечение сегментарным инструментарием III поколения;

- отсутствие исходной неврологической симптоматики и болевого синдрома в поясничном отделе;

- спондилолистез I и II степеней.

Критерии исключения:

- пациенты с иными формами сколиотических деформаций;

- отказ пациента от оперативного лечения;

- пациенты с тяжелой соматической патологией или психическими расстройствами.

2.3 Методы обследования

Диагностический комплекс включал в себя клинико-anamnestическое, неврологическое обследование, рентгенологический метод обследования (рентгенография, функциональная рентгенография, рентгенометрия, МСКТ), МРТ, анкетирование, статистические методы, выполнение тракционных проб с полным весом тела при сколиозе более 80°.

Планирование хирургического вмешательства базировалось на принципе клинико-морфологического соответствия, согласно которому оперативное лечение должно быть направлено на устранение косметического дефекта, исключения риска прогрессирования деформации путем создания костно-металлического блока, минимализации риска развития неврологических осложнений и повторных хирургических вмешательств.

Оценка клинических проявлений

Обязательное предоперационное обследование включало в себя сбор анамнеза, клиническое обследование, общеклинические лабораторные исследования, осмотр неврологом с оценкой неврологического статуса.

При сборе анамнеза заболевания выясняли сроки ее первичного появления, динамику прогрессирования, предшествующее проводимое лечение, наличие корсетотерапии. Клиническое обследование и оценка ортопедического статуса проводились путем осмотра больного в положении

стоя и лежа. При осмотре спереди оценивали фронтальный баланс туловища, смещение пупка относительно отвеса, опущенного из яремной вырезки, симметрию надплечий, треугольников талии, наличие перекоса таза. При осмотре со спины определяли расстояние до межъягодичной складки от линии отвеса, опущенного от остистого отростка С7 позвонка, перекос надплечий, отмечали наличие кожных складок под лопатками и/или в поясничной области. В положении лежа контролировали положение таза и исправление позвоночника. Деформация считалась компенсированной при смещении линии отвеса до 2 см, субкомпенсированной – при смещении от 2 до 4 см, декомпенсированной – более 4 см.

Оценивали баланс туловища в сагиттальной плоскости: выраженность поясничного лордоза, грудного кифоза. Исследовали объем активных движений позвоночника. Проводили пальпацию остистых отростков, паравертебральных точек, исследовали напряжение паравертебральных мышц. В заключение осмотра оценивали походку.

Все пациенты, оперированные в нашей клинике, проходят контрольное обследование (6 мес. и далее) и заполняют русскоязычный вариант анкеты SRS-24. Анкета заполняется при контрольном обследовании через 6 мес., 1 год, 2 года и т.д. В ближайшем послеоперационном периоде из-за выраженности послеоперационного болевого синдрома и не завершившейся статической самокоррекции анкетирование не проводилось.

Лучевые методы исследований

В предоперационном периоде выполняли следующие рентгенограммы:

- рентгенография позвоночника в положении стоя в прямой и боковой проекциях от С7 до S1 позвонков с захватом гребней подвздошных костей и головок бедренных костей;
- рентгенография позвоночника в положении на спине лежа в прямой проекции с максимальными боковыми наклонами в сторону основной сколиотической дуги и дуг противоискривления (при их наличии);

- рентгенография пояснично-крестцового отдела позвоночника в положении лежа в прямой проекции с наклоном в сторону уменьшения инклинации нижнепоясничных дисков.

При описании рентгеновских снимков нас интересовали следующие характеристики:

- сторона, локализация, протяженность и вершина основной сколиотической дуги и дуги противоискривления;
- величина основной дуги, при ее наличии – дуги противоискривления по Cobb;
- изменения величины основной сколиотической дуги при выполнении функциональных рентгенограмм с боковыми наклонами;
- величина первичной и вторичной дуг в положении наклона туловища в сторону выпуклости искривления;
- баланс туловища во фронтальной плоскости (расстояние от средней крестцовой линии до центра C7 позвонка); деформация считалась компенсированной при смещении линии, опущенной от C7 позвонка вертикально относительно среднекрестцовой линии, до 2 см, субкомпенсированной – при смещении от 2 до 4 см, декомпенсированной – более 4 см.
- величина грудного кифоза (Th1–Th12), поясничного лордоза (L1–S1), сагиттальный контур переходного грудопоясничного отдела (Th11–L2) и сегмента позвоночника, расположенного между нижним инструментированным позвонком и крестцом.
- признаки дисплазии в сегменте L5–S1 (трапецевидная форма L5 позвонка, куполообразная форма S1 позвонка, удлинение корней дуг L5, наличие дефекта межсуставной части дужки L5, наличие spina bifida (незаращение дужки) L5 и S1 позвонков;
- наличие смещения L5 позвонка относительно S1 (измерялось в миллиметрах).

На рентгенограммах после операции оценивали следующее:

- 1) наклон нижнего инструментированного позвонка;
- 2) стабильность металлоконструкции (наличие переломов, зон резорбции костной ткани вокруг элементов металлоконструкции);
- 3) наличие проксимального переходного кифоза (угол между проксимальным инструментированным позвонком и вторым вышележащим позвонком).

Также оценивали параметры пояснично-тазового баланса:

- 1) тазовый индекс (PI, pelvic incidence) – угол, образованный линией, проведенной через центр головок бедренных костей к середине замыкательной пластины S1, и линией, перпендикулярной этой замыкательной пластине;
- 2) наклон таза (PT, pelvic tilt) – угол между вертикальной линией и линией, проведенной через центр головок бедренных костей к середине замыкательной пластины S1;
- 3) наклон крестца (SS, sacral slope) – угол между замыкательной пластиной S1 и горизонтальной линией.

Для определения степени тяжести деформации использовалась классификация Чаклина (1958): I степень – до 10°; II степень – 11–25°; III степень – 26–50°; IV степень – более 50°.

Степень антелистега L5 позвонка оценивали по классификации Meyerding, основанной на определении степени смещения тела вышележащего позвонка относительно разделенной на четыре части верхней замыкательной пластинки нижележащего позвонка.

Оценку сагиттального баланса производили по сагиттальному модификатору классификации SRS-Schwab [45]. Данная классификация разработана, в первую очередь, для дегенеративных сколиозов, но имеет несколько градаций дисбаланса, которые можно применить при идиопатическом сколиозе без дегенеративных изменений (рисунок 2).

Sagittal Modifiers

<p><u>PI minus LL</u></p> <p>0 : within 10°</p> <p>+ : moderate 10-20°</p> <p>++ : marked >20°</p>
<p><u>Global Alignment</u></p> <p>0 : SVA < 4cm</p> <p>+ : SVA 4 to 9.5cm</p> <p>++ : SVA > 9.5cm</p>
<p><u>Pelvic Tilt</u></p> <p>0 : PT < 20°</p> <p>+ : PT 20-30°</p> <p>++ : PT > 30°</p>

Рисунок 2 – Сагиттальный модификатор по SRS-Schwab

Данная классификация дополнена параметром фронтального баланса CSVL, который также имеет 3 степени отклонений: «0», «+», «++», что делает показатели сопоставимыми в одной системе.

По степени дисбаланса пациентов разделили на четыре группы: к первой группе относились пациенты без отклонений баланса; ко второй – с нарушениями одного из параметров фронтального или сагиттального баланса, обозначенных как «+» – легкий дисбаланс; к третьей – с нарушением двух и более параметров фронтального и/или сагиттального баланса («+», «+») – умеренный дисбаланс; к четвертой – грубые нарушения одного из параметров («++»), – выраженный дисбаланс.

Вышеуказанный метод оценки, который включает в себя не только параметры сагиттального баланса, но и фронтального, для оценки сколиотических деформаций ранее не применялся. Для оценки клинической эффективности данного метода оценки степени дисбаланса на качество жизни, использованы опросники SRS-24, а также проведен анализ осложнений в послеоперационном периоде.

Для оценки влияния уровня нижнего инструментированного позвонка на параметры сагиттального баланса и оценки качества жизни пациенты разделены на 3 группы:

- 1) L3 позвонок и более проксимальные отделы;
- 2) L4 позвонок;
- 3) L5 позвонок.

До уровня S1 фиксация не доходила ни в одном случае.

Интраоперационный рентгенологический контроль выполняли на этапах установки металлоконструкции с целью оценки корректности их положения.

С помощью МСКТ оценивали состояние тел позвонков, наличие остеофитов, костных перегородок в позвоночном канале (диастематомиелия), состояние дугоотростчатых суставов и признаки спондилоартроза, топографию и размеры позвоночного канала на уровне пораженного сегмента. МСКТ выполняли только тем пациентам, у которых имелись подозрения на аномалию развития тел позвонков или конкреценции костных структур вследствие грубости сколиотической деформации и длительности процесса, когда стандартные рентгенологические методы не давали полноценной картины.

По данным МРТ оценивали состояние спинного мозга и его корешков, наличие аномалий развития (дипломиелия), наличие кист спинного мозга или расширение центрального канала, наличие компрессии сосудисто-нервных элементов. Степень дегенерации межпозвонковых дисков поясничного отдела позвоночника не оценивали, так как МРТ-исследование проводилось только в области основной сколиотической дуги, которая располагалась в грудном отделе. МРТ поясничного отдела не проводилась по причине отсутствия неврологической симптоматики и жалоб на выраженный болевой синдром в нижней части спины.

Для проведения диагностики была использована следующая аппаратура:

- цифровой рентгеновский аппарат DEFINIUM 8000 (GeneralElectricMedicalSystem);
- ЭОП (SXT-1000A производства Toshiba Medical Systems Corporation и Ziehm производства Ziehm Imaging GmbH);
- томограф магнитно-резонансный фирмы «HITACHI Medical Corporation», (1,5T);
- рентгеновский компьютерный томограф модели «Aquilion» фирмы «Toshiba Medical Systems Corporation».

2.4 Типы проводимых оперативных вмешательств

Коррекция сколиотической деформации проводилась хирургами отделения по стандартной методике. При этом на ранних этапах использовали сегментарный инструментарий III поколения с ламинарной фиксацией. С 2008 г. использовали гибридные конструкции с транспедикулярной фиксацией в поясничном отделе позвоночника и ламинарной фиксацией в грудном отделе. После 2017 г. использовали только транспедикулярную фиксацию. Показания к интраоперационной тракции за теменные бугры скобой Базилевской определяли индивидуально, исходя из величины деформации, мобильности сколиоза и исходной неврологической симптоматики. У пациентов с незавершенным костным ростом и грубыми деформациями позвоночника (более 80°) проводилась трансторакальная мобилизующая дискэктомия на вершине грудной сколотической деформации, межтеловой спондилодез аутокостью из резецированного по ходу доступа ребра (при отсутствии противопоказаний к данному этапу).

2.5 Комплексная оценка исходов оперативного лечения

В послеоперационном периоде всем пациентам проведена оценка клинических параметров, таких как перекося лопаток и надплечий, фронтальный баланс (смещение линии отвеса относительно пупка спереди и

относительно межъягодичной складки сзади), перекос таза. Пациенты осмотрены неврологом с оценкой неврологического статуса после хирургического вмешательства. Проведена контрольная рентгенография грудного и поясничного отделов позвоночника стоя в двух проекциях.

Контрольное обследование пациенты проходили на сроке 6, 12 и 24 мес. после операции, затем раз в год до возраста 18 лет и по мере необходимости в более поздние сроки. На контрольных обследованиях пациенты, помимо исследований, проводимых перед выпиской из стационара, заполняли анкету SRS-24.

2.6 Статистические методы обработки полученных данных

Методом Колмогорова непрерывные данные были проверены на соответствие нормальному распределению. Ввиду малого числа нормальных данных сравнение проводилось непараметрическими методами.

Для описания непрерывных показателей рассчитывались в качестве основных статистик медианы [первый квартиль; третий квартиль] (МЕД [Q1; Q3]), а в качестве вспомогательных – среднее \pm стандартное отклонение (СРЕД \pm СО) и минимальное – максимальное значения (МИН – МАКС); у категориальных и бинарных показателей определялось количество и частота пациентов, для частот бинарных показателей по формуле Вилсона рассчитывалась погрешность оценок в виде 95 % доверительного интервала (95 % ДИ).

В одной временной точке непрерывные показатели между группами сравнивались U-критерием Манна – Уитни, внутри групп в разных временных точках оценка различий проводилась критерием Вилкоксона. Для оценки абсолютной и относительной величины различия (effect size) производился соответственно расчет псевдомедианы и стандартизованного среднего разностей значений с построением 95 % ДИ. Бинарные и категориальные показатели в одной временной точке между группами сравнивали точным

двусторонним критерием Фишера, внутри групп между разными временными точками – критерием Мак-Немара и тестом симметричности соответственно.

Выявление парных числовых зависимостей между непрерывными показателями проводилось расчетом коэффициента r ранговой корреляции Спирмена с оценкой достигнутого уровня значимости p .

Методами ROC-анализа определялись максимальные по сумме чувствительности и специфичности пороговые значения непрерывных показателей, влияющих на выраженный дисбаланс, и оценивались с построением 95 % ДИ качественные прогностические показатели: чувствительность (sensitivity), специфичность (specificity), частота случаев метода (apparent prevalence), фактическая частота случаев (true prevalence), положительная прогностическая ценность (positive predictive value), отрицательное прогностическое значение (negative predictive value).

Использовались только двусторонние критерии. Проверка статистических гипотез проводилась при критическом уровне значимости $p = 0,05$, то есть различие считалось статистически значимым, если $p < 0,05$.

Статистические расчеты проводились в IDE RStudio (version 2022.02.1 Build 461– © 2009-2022 RStudio, Inc., США) на языке обработки данных R (версия 4.1.3 (2022-03-10) Австрия, URL <https://www.R-project.org>).

ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ИДИОПАТИЧЕСКИМ СКОЛИОЗОМ I И III ТИПОВ ПО LENKE

3.1 Исходные параметры фронтального и сагиттального баланса у пациентов с основной грудной сколиотической дугой

Для оценки исходного состояния параметров баланса необходимо определиться с условной нормой, на которую можно ориентироваться. В настоящий момент существует множество формул для расчета оптимальных параметров баланса. Прежде всего, формулы введены в практику для планирования хирургического лечения пациентов с дегенеративными заболеваниями позвоночника. Roussouly ввел понятие типов осанок, которые характеризуются определенными типами взаимоотношений параметров сагиттального баланса. Формулы расчета таких показателей как LL, PT, SS, ТК позволяют определить оптимальные показатели индивидуально для каждого пациента, отталкиваясь от исходного PI, который является константой [2]. Пользоваться таким методом вычислений параметров удобно, когда рассматривается один конкретный случай.

Для оценки когорты пациентов удобней использовать средние показатели баланса, принятые за условную норму. Исследований на эту тему достаточно много. Данные имеют небольшие отличия, но очень схожие тенденции. Отличия, прежде всего, связаны с географией проводимых исследований. Для нашей группы показали наиболее оптимальными данные, приведенные Schwab et al., которые исследовали здоровых людей европеоидной расы в возрасте от 21 до 40 лет. Средние показатели, принятые за норму: $PI = 52 \pm 10$; $PT = 13 \pm 7$; $SS = 39 \pm 9$; $TK = 38 \pm 12$; $LL = 60 \pm 14$; $SVA = 36 \pm 33$ [147].

Нами оценены данные предоперационных рентгенограмм 268 пациентов с идиопатическим сколиозом I и III типов по Lenke. Средний

возраст пациентов – $19,6 \pm 5,1$ года (группа от 15 до 35 лет). У всех пациентов имелись показания к хирургической коррекции сколиотической деформации позвоночника, при этом не было грубой соматической патологии, жалоб на выраженный болевой синдром и неврологического дефицита. Помимо возраста, обязательным условием был тест Риссера не ниже 2. Данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры сагиттального баланса у здоровых пациентов 21–40 лет, по данным Schwab, и у пациентов с идиопатическим сколиозом исследуемой группы

Сравниваемые группы	PI, град.	PT, град.	SS, град.	LL, град.	TK, град.	SVA, мм
Норма по Schwab	52 ± 10	13 ± 7	39 ± 9	60 ± 14	38 ± 12	36 ± 33
Идиопатический сколиоз	50 ± 10	7 ± 6	42 ± 8	58 ± 11	30 ± 18	27 ± 18

Из полученных данных складывается впечатление, что наличие основной сколиотической дуги в грудном отделе не сказывается на параметрах глобального и сагиттального пояснично-тазового баланса. Полученные данные сопоставимы с показателями условной нормы в группе здоровых пациентов. В таблице не отражен параметр CSVL, который составил $12,0 \pm 9,2$ мм, так как Schwab et al. не оценивали параметры фронтального баланса.

С тем учетом того, что средние статистические показатели не отражают в полной мере состояние каждого пациента, проведена оценка дисбаланса позвоночника по сагиттальному модификатору классификации SRS-Schwab, дополненному параметром фронтального баланса. Фронтальный баланс определялся по параметру CSVL. Смещение до 20 мм считалось вариантом нормы, от 20 до 40 мм принималось за умеренный дисбаланс и обозначалось «+», изменения более 40 мм свидетельствовали о существенном нарушении баланса и обозначались «++» (таблица 2).

Таблица 2 – Сагиттальный модификатор классификации SRS-Schwab и степень фронтального дисбаланса

Параметры	Степень 0	Степень +	Степень ++
Разница между PI и LL	До 10°	10–20°	Более 20°
Глобальное смещение (SVA)	До 40 мм	40–95 мм	Более 95 мм
Наклон таза к вертикали (PT)	До 20°	20–30°	Более 30°
Глобальный фронтальный баланс (CSVL)	До 20 мм	20–40 мм	Более 40 мм

При использовании данного метода оценки параметров баланса из 268 пациентов не имели нарушений в параметрах лишь 119 (44,4 %). У 81 (30,2 %) пациента были незначительные нарушения баланса только по одному из критериев («+»). Умеренные нарушения баланса с наличием отклонений по двум и более параметрам «+» выявлены у 29 (10,8 %) пациентов, выраженные отклонения значений «++» – у 39 (14,6 %).

В структуре нарушений параметров баланса преобладало несоответствие показателей PI-LL (n = 118, из них 37 пациентов с грубыми отклонениями «++»). На втором месте – нарушение фронтального баланса (n = 51). Затем нарушение глобального сагиттального баланса (n=43), причем с преобладанием формирования отрицательного баланса. Из 268 пациентов у 177 был исходный отрицательный SVA. И лишь у небольшой группы пациентов (n = 9) исходно наблюдались высокие значения PT (рисунок 3).

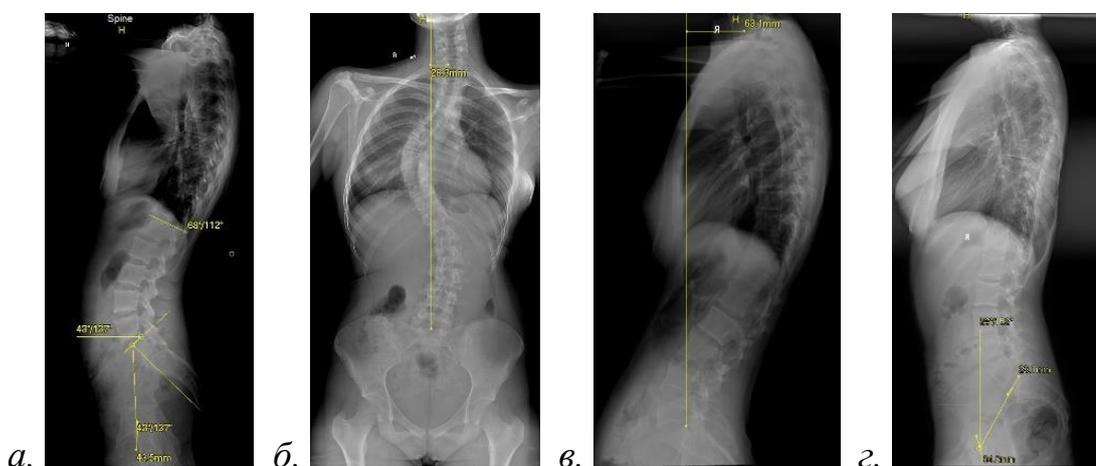


Рисунок 3 – Типы нарушения баланса при идиопатическом сколиозе: *а* – несоответствие показателей PI-LL; *б* – нарушение фронтального баланса (CSVL); *в* – нарушение глобального сагиттального баланса (SVA); *г* – высокие значения PT (n = 9)

Проведен анализ корреляционной зависимости оцениваемых параметров баланса (PI-LL, CSVL, SVA и PT) с основными рентгенологическими данными до операции. Выявлено, что PI-LL коррелирует с величиной грудного кифоза, поясничного лордоза, углом L5–S1, а также с PI, PT и отрицательными значениями SVA ($p < 0,05$). PT коррелирует с PI. Показатель CVSL показывает взаимосвязь с таким параметром, как наклон L5, а SVA – с углом L5–S1 ($p < 0,05$).

Таким образом, в структуре идиопатических сколиозов грудной локализации более половины пациентов имеют исходный дисбаланс, однако грубые нарушения параметров выявлены лишь у 14,6 % больных. Формирование сколиотической дуги, несомненно, может влиять на формирование поясничного лордоза, так как даже при изолированных грудных сколиотических дугах ротационный компонент деформации переходит в поясничный отдел, вызывая как проекционное, так и истинное изменение данного параметра. Изменение поясничного лордоза дает отклонение в разнице PI-LL, а также может вызывать формирование отрицательного глобального сагиттального контура. Нарушение общего сагиттального контура связано с таким параметром, как угол L5–S1, а нарушение фронтального баланса зависит от исходного угла наклона L5. Данный факт необходимо учитывать при планировании хирургического лечения, так как задачи хирургии могут существенно отличаться. Для одной группы пациентов важно в момент коррекции сколиотической деформации не нарушить баланс, а для второй – подбирать методики для восстановления параметров.

3.2 Основные результаты хирургического лечения по данным лучевой диагностики

Всем пациентам проведена хирургическая коррекция сколиотической деформации инструментарием III поколения по стандартной методике. С

использованием крюковой фиксации проведены операции 38 (14,3 %) пациентам. Гибридная металлоконструкция с транспедикулярными винтами в поясничном отделе и крюковой фиксацией в грудном использована в 178 (66,9 %) случаях, а тотальная транспедикулярная фиксация – в 52 (18,8 %). В результате хирургического лечения идиопатических сколиозов удалось добиться удовлетворительной коррекции с минимальной потерей достигнутого результата в отдаленные сроки. Средний срок послеоперационного наблюдения – $3,99 \pm 1,96$ года. Параметры грудного кифоза и поясничного лордоза соответствовали условной норме по средним значениям (таблица 3).

Таблица 3 – Основные рентгенологические параметры коррекции сколиотических деформаций в общей группе в динамике

Параметры	До операции	Последний контроль
Основная дуга, град.	$64,4 \pm 21,0$	$28,0 \pm 17,0$
Вторичная дуга, град.	$39,0 \pm 18,1$	$11,4 \pm 13,3$
Грудной кифоз, град.	$30,5 \pm 18,6$	$27,4 \pm 12,3$
Поясничный лордоз, град.	$58,2 \pm 11,3$	$53,8 \pm 9,7$
Коррекция основной дуги, %	–	$61,5 \pm 16,1$
Коррекция вторичной дуги, %	–	$78,9 \pm 21,9$
Потеря коррекции основной дуги, %	–	$3,1 \pm 1,8$
Потеря коррекции вторичной дуги, %	–	$3,3 \pm 17,9$

3.3 Динамика параметров сагиттального баланса в послеоперационном периоде

Для оценки влияния уровня нижнего инструментированного позвонка на параметры баланса пациентов разделили на 3 группы:

- 1) с фиксацией на уровне L3 позвонка и выше, при которой остаются интактными основные для сагиттального контура сегменты L4–L5, L5–S1 (n = 140);
- 2) уровень L4 (n = 121);
- 3) уровень L5 позвонка (n = 5).

Провели оценку параметров в динамике. Показатель PI для пациентов с фиксацией на L3 и L4 позвонках составил 50° , с фиксацией на L5 – 56° .

Динамика наклона таза (PT) показывает одинаковые зависимости в трех группах. В раннем послеоперационном периоде идет незначительное увеличение данного параметра, а затем постепенное восстановление практически до исходного уровня (приложение 1, рисунок 1).

Наклон крестца (SS) остается стабильным у пациентов со спондилодезом до уровня L4, а у пациентов с фиксацией до L3 и L5 позвонков показывает незначительное увеличение к концу периода наблюдения (приложение 1, рисунок 2).

При оценке глобального сагиттального баланса (SVA) учитывали положительные и отрицательные значения параметра. Наиболее стабильные значения наблюдались в группе с фиксацией на уровне L4 позвонка. Наиболее высокие значения SVA с тенденцией к дисбалансу отмечены в группе со спондилодезом до уровня L5, особенно при отрицательном балансе (приложение 1, рисунок 3).

Глобальный фронтальный баланс (CSVL) исходно попадает в границы условной нормы по средним значениям во всех группах. Сразу после операции данный параметр испытывает наибольшие изменения и к последнему контролю практически соответствует предоперационным показателям (приложение 1, рисунок 4).

Наиболее стабильным поясничным лордоз (LL) был в группе с фиксацией до L3 позвонка, более выраженное уменьшение лордоза с последующим восстановлением произошло в группе с фиксацией до L5 позвонка. Во всех группах лордоз соответствовал условной норме (приложение 1, рисунок 5).

Грудной кифоз во всех исследуемых группах незначительно уменьшен в послеоперационном периоде и составил 27° исходно и 23° в конце наблюдения в группе с фиксацией до уровня L3, 31° и 26° соответственно в группе со спондилодезом до L4, 29° и 27° – в третьей группе.

При изучении дополнительных параметров обращают на себя внимание такие углы, как L5–S1 и наклон L5 позвонка. В группе с фиксацией до L5 эти параметры наиболее отличаются. При задействовании организмом компенсаторных механизмов для восстановления баланса, более протяженный спондилодез ограничивает включение в данный процесс поясничного лордоза, поэтому для более сбалансированных взаимоотношений наиболее выражено изменяется угол L5–S1 (приложение 1, рисунок 6).

Данный процесс необходим для устранения дисбаланса по параметру PI-LL и для нормализации SVA.

Наклон L5 позвонка исходно существенно выше у пациентов из группы с фиксацией до L5 позвонка ($15,5^\circ$ против $4,0^\circ$ у группы с фиксацией до L3 и 8° в группе с фиксацией до L4), что делает обоснованной более протяженную фиксацию. В конце периода наблюдения – $3-4^\circ$ (приложение 1, рисунок 7).

Таким образом, динамика изменения таких параметров, как PT, SS, LL в послеоперационном периоде говорит о срабатывании механизмов компенсации для достижения оптимального баланса, причем происходят эти изменения даже при фиксации до L5 позвонка. Основной целью для формирования сбалансированного положения во фронтальной плоскости во время операции должно быть стремление к достижению более горизонтального положения позвонка L5 во фронтальной плоскости. Для сохранения глобального сагиттального баланса основным условием должно являться сохранение поясничного лордоза. У пациентов 18–35 лет мобильности диска L5–S1 вполне достаточно для увеличения угла в послеоперационном периоде с целью нормализации баланса. Вероятно, с развитием дегенеративных процессов на данном уровне возможность компенсации будет более низкой, в связи с чем при неверном планировании лордоза возможен послеоперационный дисбаланс.

Также проведен анализ параметров пояснично-тазовых взаимоотношений в зависимости от степени дисбаланса на последнем контрольном обследовании. Пациенты разделены на 4 группы: без нарушения

баланса «0», легкий дисбаланс с одним отклонением «+», умеренный дисбаланс с двумя «+» и более, выраженный дисбаланс с одним и более показателем «++».

При использовании данного метода оценки параметров баланса проведен анализ динамики изменений степени выраженности дисбаланса в послеоперационном периоде (таблица 4).

Таблица 4 – Пациенты в группах в зависимости от степени нарушения баланса до и после операции, n (%)

Срок	Без дисбаланса	Легкий дисбаланс	Умеренный дисбаланс	Выраженный дисбаланс
До операции	119 (44,4)	81 (30,2)	29 (10,8)	39 (14,6)
После операции	103 (38,4)	85 (31,7)	46 (17,2)	34 (12,7)
6 мес. после операции	114 (42,5)	88 (32,8)	50 (18,7)	16 (6,0)
Последний контроль	135 (50,4)	87 (32,5)	29 (10,8)	17 (6,3)

После хирургической коррекции сколиотической деформации отмечается уменьшение группы пациентов без дисбаланса, которые переходят в группы с легкими и умеренными нарушениями. На сроке 6 мес. после операции количество пациентов без нарушений баланса увеличивается, а процент пациентов с выраженным дисбалансом сокращается. При последнем контрольном обследовании из 268 пациентов не имели нарушений в параметрах 135 (50,4 %), имели незначительные нарушения баланса только по одному из критериев («+») – 87 (32,5 %), умеренные нарушения баланса с наличием отклонений по двум и более параметрам «+» – 29 (10,8 %), выраженные отклонения значений «++» – 17 (6,3 %).

Полученные данные говорят о том, что адаптационный период после хирургического лечения сколиоза превышает срок 6 мес. После выраженного механического воздействия на позвоночник значительно меняются практически все параметры баланса, с наибольшими изменениями в раннем послеоперационном сроке и с постепенным восстановлением показателей в

динамике. Таким образом, вполне объяснимо выглядит перемещение пациентов по группам (таблица 5).

Таблица 5 – Изменения степени нарушения баланса сразу после операции, n

До операции \ После операции	Без дисбаланса (n = 119)	Легкий дисбаланс (n = 81)	Умеренный дисбаланс (n = 29)	Выраженный дисбаланс (n = 39)
Без дисбаланса	65	20	11	7
Легкий дисбаланс	34	34	5	12
Умеренный дисбаланс	10	19	8	9
Выраженный дисбаланс	10	8	5	11

В группе пациентов без исходного нарушения баланса не наблюдалось нарушений баланса сразу после операции у 65 человек, остальные перешли в группы с легкими (34), умеренными (10) и выраженными (10) нарушениями.

Пациенты с исходно легким дисбалансом сохранили свой статус в 34 случаях из 65. В 20 случаях отмечен переход в группу без нарушения баланса. В 5 случаях произошел переход в группу с умеренными нарушениями, а в 12 случаях – в группу с выраженными отклонениями.

Умеренный дисбаланс после операции сохранили 8 пациентов, в 10 и 19 случаях произошло улучшение до нормального и легкого дисбаланса соответственно, а в 9 случаях – переход в группу с выраженным дисбалансом.

Наибольший интерес представляют пациенты с выраженным исходным дисбалансом, так как эта группа может потребовать более агрессивной хирургии. В результате исправления сколиоза баланс восстановлен до нормального в 10 случаях, улучшен до легкого – в 8, до умеренного – в 5.

С тем учетом того что оценка качества жизни наиболее интресна после завершения процесса адаптации пациента к послеоперационной форме позвоночника, то и распределение по группам в зависимости от степени дисбаланса также будет представлять наибольшее значение в конце периода наблюдения.

Из группы пациентов, исходно не имеющих нарушений баланса, сохранили свое состояние на последнем контрольном обследовании 64. Легкие и умеренные нарушения баланса были у 45 и 7 пациентов соответственно. Выраженный дисбаланс после коррекции сколиоза получен в трех случаях. Обращает на себя внимание тот факт, что из трех пациентов данной группы в двух случаях выявлены механические осложнения (рисунок 4).

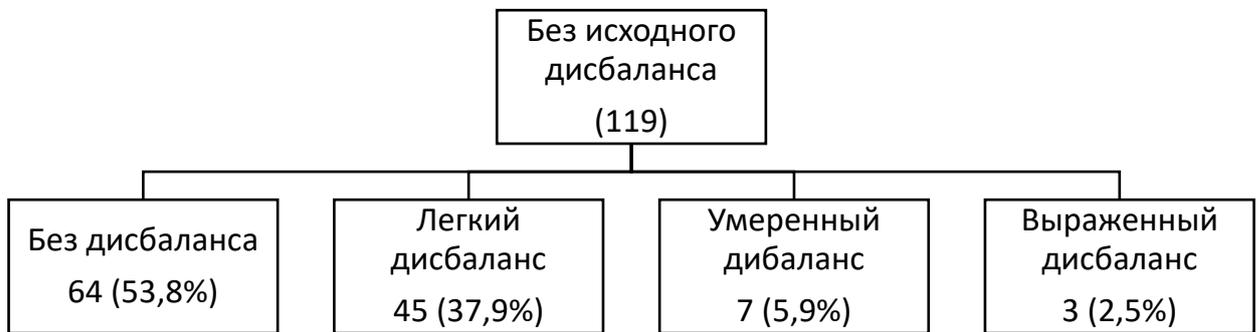


Рисунок 4 – Распределение пациентов без исходных нарушений баланса по группам в зависимости от степени дисбаланса после коррекции сколиотической деформации при проведении последнего контрольного обследования

Из 81 пациента с исходными легкими нарушениями баланса в группу без нарушения перешли 45 человек, не изменили свой статус – 21. Ухудшение баланса до умеренного произошло в 12 случаях, до выраженного – в 3. Как и в первой группе, у 3 пациентов с выраженным дисбалансом в 2 случаях выявлены механические осложнения (рисунок 5).

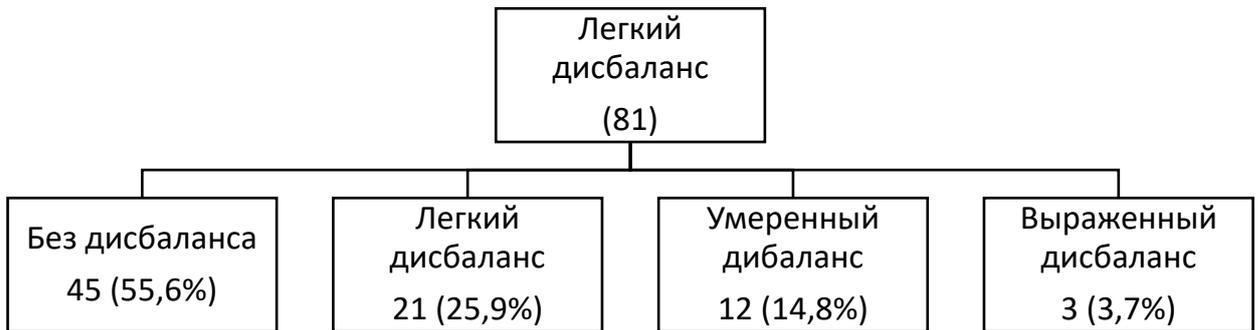


Рисунок 5 – Распределение пациентов с исходным легким нарушением баланса по группам в зависимости от степени дисбаланса после коррекции сколиотической деформации при проведении последнего контрольного обследования

У пациентов с исходным умеренным дисбалансом произошли улучшения параметров до нормальных в 12 случаях, до легких нарушений – в 11. Не произошли изменения степени в четырех случаях, в двух усугубились до выраженной степени (в одном из них механическое осложнение; рисунок 6).



Рисунок 6 – Распределение пациентов с исходным умеренным нарушением баланса по группам в зависимости от степени дисбаланса после коррекции сколиотической деформации при проведении последнего контрольного обследования

В группе с исходным выраженным дисбалансом удалось восстановить параметры до нормы в 14 случаях, до легкого дисбаланса – в 10, до умеренного – в 6 (рисунок 7).

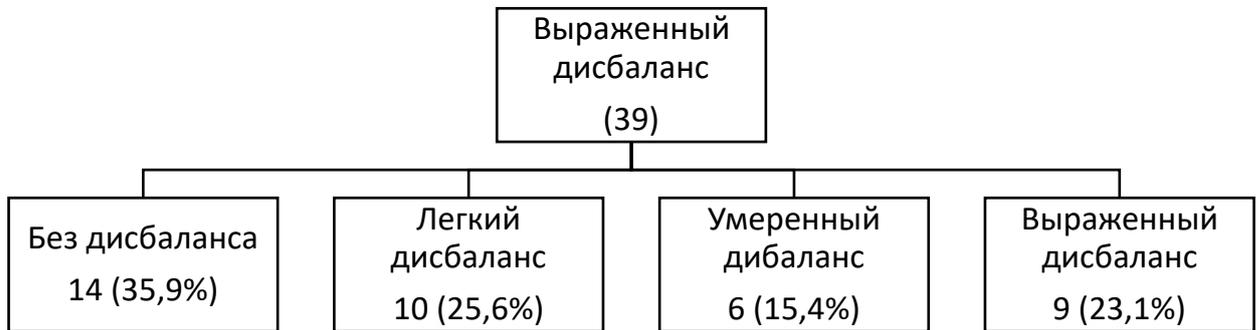


Рисунок 7 – Распределение пациентов с исходным выраженным нарушением баланса по группам в зависимости от степени дисбаланса после коррекции сколиотической деформации при проведении последнего контрольного обследования

У 9 пациентов данной группы показатели баланса не изменились, а механические осложнения произошли в 3 случаях.

Динамика изменения количества пациентов в группах показывает, что хирургическая коррекция сколиотической деформации позволяет на 6 % увеличить число сбалансированных пациентов, а также снизить на 8 % количество случаев выраженного дисбаланса в конце периода наблюдения по сравнению с исходными показателями. Полученный в результате коррекции выраженный дисбаланс позвоночника существенно увеличивает риск послеоперационных осложнений.

Структура нарушений параметров баланса осталась сопоставимой с предоперационной (таблица 6).

Таблица 6 – Структура нарушений параметров баланса до и после операции, n

Срок	PI-LL	CSVL	SVA	PT
До операции	118	51	43	9
Последний контроль	83	47	41	16

Значительно преобладало несоответствие показателей PI-LL ($n = 83$). На втором месте – нарушение фронтального баланса ($n = 47$). Затем нарушение глобального сагиттального баланса ($n = 41$), причем с преобладанием формирования отрицательного баланса. В общей группе из 268 пациентов у 177 был исходный отрицательный SVA. У небольшой группы пациентов наблюдались высокие значения PT ($n = 16$; рисунок 8).

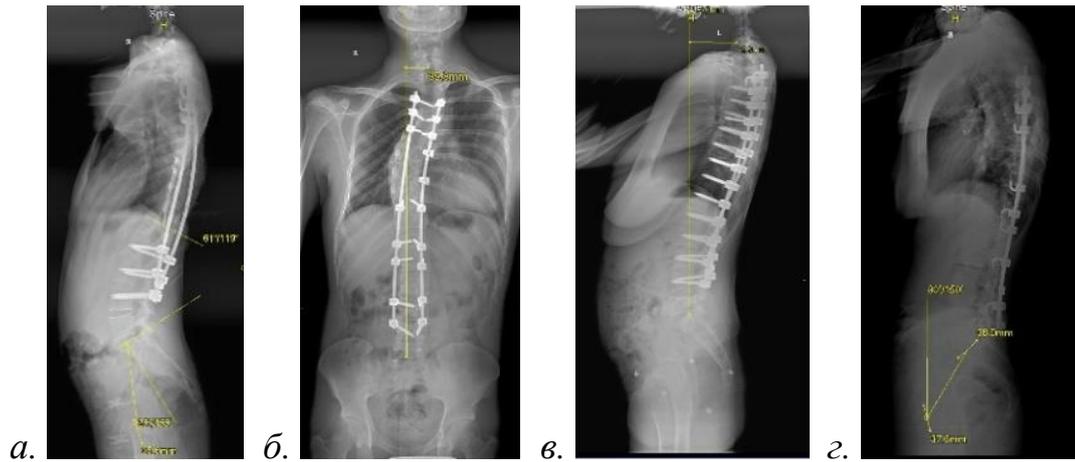


Рисунок 8 – Типы нарушения баланса при идиопатическом сколиозе после операции: *а* – несоответствие показателей PI-LL; *б* – нарушение фронтального баланса (CSVL); *в* – нарушение глобального сагиттального баланса (SVA); *г* – высокие значения PT ($n = 9$)

Увеличение числа пациентов с дисбалансом по показателю PT говорит о чрезмерных компенсаторных реакциях организма в виде наклона таза для достижения более сбалансированного состояния. Количество пациентов с глобальными фронтальным и сагиттальным дисбалансом (по параметрам SVA и CSVL) остается примерно на том же уровне, что и до операции. Хирургическая коррекция сколиотической деформации помогает сделать более сбалансированным взаимоотношение PI-LL за счет попытки смоделировать физиологический поясничный лордоз.

При анализе типов нарушений баланса у пациентов с выраженными отклонениями отмечено, что преобладающим типом является несоответствие PI-LL, которое выявлено в 15 случаях из 17. В 5 случаях наблюдалось только отклонение PI-LL, в 2 случаях оно сочеталось с нарушениями фронтального баланса, в 2 – с нарушениями PT, а в 6 отмечены смешанные отклонения по

нескольким параметрам («+»). Было по одному случаю выраженного дисбаланса по параметрам CSVL и PT. В обоих случаях они были в сочетании с отклонением двух и более параметров в пределах «+».

Также проведен анализ зависимости рентгенологических и возрастных параметров в группе без нарушения баланса и в группах с различными степенями дисбаланса. В таблицах 7, 8 отражены данные до операции и на последнем контрольном обследовании (не менее двух лет).

Таблица 7 – Влияние рентгенологических и возрастных параметров на степень дисбаланса до операции

Параметры	Без дисбаланса	Легкий дисбаланс	Умеренный дисбаланс	Выраженный дисбаланс
Возраст, лет	19,0	19,6	20,6	21,9
Основная дуга, град.	59,7	68,5	61,8	85,3
Вторичная дуга, град.	35,4	43,5	35,3	49,1
Грудной кифоз, град.	27,7	20,2	27,5	44,8
Поясничный лордоз, град.	58,0	58,6	55,3	61,3
Наклон L5, град.	6,0	6,5	7,5	10,3
L5–S1, град.	23,1	23	23,4	25,6
PI, град.	49,8	51,5	47,3	51,1
PT, град.	7,8	8,1	6,6	8,8
SS, град.	42,0	43,4	40,7	41,7
SVA (+), мм	17,2	22,6	18,9	19,8
SVA (-), мм	28,1	24,1	31,3	32,8
CSVL, мм	10,8	13,7	14,7	8,2

Несмотря на то что отмечается взаимосвязь увеличения значений большого числа параметров (возраст, основная дуга, вторичная дуга, грудной кифоз, поясничный лордоз, угол наклона L5, угол L5–S1, отрицательный SVA и степень дисбаланса), статистически достоверную зависимость показали лишь немногие. Риском выраженного дисбаланса с высокой степенью достоверности могут явиться исходно более тяжелые сколиотические

деформации с большим углом наклона L5 позвонка и исходным нарушением фронтального баланса ($p < 0,05$).

Таблица 8 – Влияние рентгенологических параметров на степень дисбаланса в конце срока наблюдения

Параметры	Без дисбаланса	Легкий дисбаланс	Умеренный дисбаланс	Выраженный дисбаланс
Основная дуга, град.	25,1	30,6	25,5	43,3
Вторичная дуга, град.	11,0	12,5	8,0	18,4
Грудной кифоз, град.	24,3	30,8	27,6	32,3
Поясничный лордоз, град.	51,8	56,2	53,9	52,2
Наклон L5, град.	3,5	4,1	3,5	5,3
L5–S1, град.	23,9	25,2	25,0	23,0
PI, град.	49,8	51,5	47,3	51,1
PT, град.	7,2	7,8	6,0	8,6
SS, град.	42,5	43,8	41,1	42,4
SVA (+), мм	14,1	18,6	25,8	26,3
SVA (-), мм	19,2	31,1	42,0	36,1
CSVL, мм	7,7	14,2	16,7	15,9

В послеоперационном периоде статистически достоверными показателями для формирования выраженного дисбаланса явились более грубые остаточная сколиотическая дуга и грудной кифоз, а также меньший угол поясничного лордоза ($p < 0,05$).

Путем проведения ROC-анализа выявлены пороговые значения для формирования дисбаланса. Для величины исходной сколиотической деформации пороговым значением является дуга более $69,5^\circ$ (с чувствительностью 68 %, специфичностью 67 %, точностью 67 %). Для угла наклона L5 позвонка во фронтальной плоскости пороговым значением является $7,5^\circ$ (с чувствительностью 74 %, специфичностью 64 %, точностью 67 %). Высокий риск развития послеоперационного выраженного дисбаланса будет при величине остаточной сколиотической дуги более $30,5^\circ$ (чувствительность 68 %, специфичность 71 %, точностью 71 %), поясничный лордоз меньше $45,5^\circ$

(чувствительность 37 %, специфичность 83 %, точностью 80 %). А величину грудного кифоза после операции к достоверным предикторам формирования выраженного дисбаланса отнести нельзя, так как полученное пороговое значение 23,5° обладает низкой специфичностью (46 %) и низкой точностью (48 %).

Проведен анализ частоты развития дисбаланса в зависимости от уровня нижнего инструментированного позвонка (таблица 9).

Таблица 9 – Частота развития дисбаланса в зависимости от уровня нижнего инструментированного позвонка

Уровень фиксации	PI-LL (%)	CSVL (%)	SVA (%)	PT (%)
L3 и выше	26,2	13,1	15,8	3,6
L4	33,6	22,5	15,8	7,4
L5	60,0	20,0	0,0	20,0

В группе с фиксацией до L5 всего 5 пациентов, поэтому процентное соотношение достаточно высокое. Наиболее значимым для данной группы отклонение (3 пациента из 5) стало соотношение PI-LL, однако ни одного выраженного проявления дисбаланса с параметром «++» не наблюдалось. Наиболее высокую частоту проявления дисбаланса показывает группа с фиксаций до L4 позвонка.

3.4 Оценка качества жизни пациентов в зависимости от степени дисбаланса и уровня нижнего инструментированного позвонка

Качество жизни пациентов оценивалось с использованием опросника SRS-24. Анкетирование проводилось через 6, 12 мес. после операции и не менее чем через 2 года после лечения (таблица 10).

Таблица 10 – Динамика оценки качества жизни по результатам анкетирования по опроснику SRS-24

Домены	Через 6 мес.	Через 12 мес.	Последний контроль
Боль	4,1	4,1	4,0
Общий внешний вид	4,1	4,1	4,1
Внешний вид	4,2	4,2	4,3
Общая активность	3,1	3,3	3,4
Профессиональная активность	4,1	4,1	4,2
Удовлетворенность результатом	4,3	4,2	4,3
Функции после операции	2,0	2,0	2,1
Тотал	91,7	92,0	92,8

В общей группе наблюдаются стабильно высокие оценки качества жизни, которые увеличиваются в течении периода послеоперационного наблюдения. Происходит постепенное улучшение общей и профессиональной активности, которые в конечном счете увеличивают показатель удовлетворенности результатом операции и влияют на конечную тотальную сумму баллов.

Проведена оценка качества жизни в зависимости от уровня нижнего инструментированного позвонка в послеоперационном периоде (таблицы 11, 12).

Таблица 11 – Качество жизни через 6 мес. после операции в зависимости от нижнего уровня фиксации

Домены	L3 и выше	L4	L5
Боль	4,1	4,1	3,6
Общий внешний вид	4,1	4,2	3,7
Внешний вид	4,2	4,3	4,7
Общая активность	3,2	3,2	2,6
Профессиональная активность	4,0	4,2	4,3
Удовлетворенность результатом	4,3	4,3	4,0
Функции после операции	1,7	1,8	1,3
Тотал	91,5	92,3	85,3

Таблица 12 – Качество жизни на последнем контрольном обследовании (не ранее двух лет после операции) в зависимости от нижнего уровня фиксации

Домены	L3 и выше	L4	L5
Боль	4,0	3,9	3,5
Общий внешний вид	4,1	4,1	3,8
Внешний вид	4,2	4,3	4,5
Общая активность	3,4	3,4	3,5
Профессиональная активность	4,1	4,3	4,7
Удовлетворенность результатом	4,2	4,3	4,3
Функции после операции	2,0	2,3	2,0
Тотал	92	94	91

Несмотря на прослеживающиеся закономерности снижения баллов на сроке 6 мес. после операции практически по всем доменам в группе с фиксацией до L5 позвонка, статистически достоверной разницы не получено. Во время последнего контрольного обследования ситуация в значительной степени выравнивается. Незначительно ниже показатели по доменам боли и общего внешнего вида в группе с фиксацией до L5 позвонка.

Оценка качества жизни в зависимости от степени дисбаланса показывает, что на сроке 6 мес. после операции существенно ниже показатели по большинству из доменов в группе с выраженным дисбалансом, однако статистически значимым является только домен болевого синдрома. На последнем контрольном обследовании показатели выравниваются по всем составляющим анкеты и даже превышают таковые в более сбалансированных группах. В общей сумме баллов наглядно отображены более высокие показатели в группе с выраженным дисбалансом (таблицы 13, 14).

Таким образом, можно прийти к выводу о том, что выраженный дисбаланс и фиксация до уровня L5 создают предпосылки для снижения качества жизни пациентов в послеоперационном периоде, которые проявляются в большей степени на ранних этапах после лечения. В отдаленные сроки у пациентов хватает компенсаторных возможностей для стабилизации баланса и стабильного качества жизни.

Таблица 13 – Качество жизни через 6 мес. после операции в зависимости от степени дисбаланса

Домены	Без дисбаланса	Легкий дисбаланс	Умеренный дисбаланс	Выраженный дисбаланс
Боль	4,2	4,1	4,1	3,7
Общий внешний вид	4,1	4,2	4,0	3,8
Внешний вид	4,3	4,3	4,2	4,1
Общая активность	3,2	3,2	3,1	2,8
Профессиональная активность	4,0	4,1	4,0	3,7
Удовлетворенность результатом	4,3	4,4	4,4	4,0
Функции после операции	1,8	1,7	1,7	1,9
Тотал	92,3	92,5	90,9	84,9

Таблица 14 – Качество жизни на последнем контрольном обследовании (не ранее двух лет после операции) в зависимости от степени дисбаланса

Домены	Без дисбаланса	Легкий дисбаланс	Умеренный дисбаланс	Выраженный дисбаланс
Боль	4,0	3,9	3,9	4,0
Общий внешний вид	4,2	4,0	4,1	4,0
Внешний вид	4,3	4,2	4,0	4,4
Общая активность	3,5	3,4	3,4	3,6
Профессиональная активность	4,2	4,3	4,1	4,1
Удовлетворенность результатом	4,3	4,3	4,3	4,2
Функции после операции	2,1	2,2	2,1	3,0
Тотал	93,4	92,4	91,1	95,1

В предложенной системе оценки клинически значимыми являются лишь выраженные отклонения параметров («++»), проявляющиеся в существенном снижении качества жизни у пациентов в первые 6 мес. после операции.

3.5 Осложнения хирургического лечения

В послеоперационном периоде выявлено 65 осложнений, что составило 24,3 %. Такой высокий процент связан с тем, что приняты во внимание все параметры, которые не позволяют назвать период после операции гладким. К

осложнениям отнесены ранние и поздние инфекции послеоперационной раны, а также поверхностные нарушения, приводившие к более длительному заживлению послеоперационной раны. При более длительном сроке наблюдения учтены резорбция вокруг винтов, формирование проксимального переходного кифоза (РК), феномен adding-on с формированием сколиотических дуг ниже зоны инструментальной фиксации, переломы инструментария, резорбция костной ткани вокруг элементов металлоконструкции.

В 11 (4,1 %) случаях из 65 выявлена инфекция области хирургического вмешательства. Во всех случаях инструментарий сохранен. Проявления поверхностной инфекции лечили консервативно. Ранняя глубокая инфекция области хирургического вмешательства требовала этапных санационных перевязок под наркозом.

В 1 (0,4 %) случае в раннем послеоперационном периоде выявлен гидропневмоторакс. Данное осложнение вызвано буллезной болезнью легких, которая выявлена при проведении трансторакального этапа операции. Пациенту проведено продленное дренирование плевральной полости. Общее время нахождения в стационаре не превысило стандартные сроки.

Перелом транспедикулярных винтов произошел в 10 (3,7 %) случаях. Перелома стержней конструкции не наблюдалось ни в одном случае. Как правило, перелом винтов возникал на дистальном конце металлоконструкции.

Нестабильность элементов конструкции – это либо прорезывание крюками задних отделов позвоночника, за которые они фиксированы, либо выход стержня из опорного элемента (раскручивание или ослабление фиксации в пробке). Данный вид осложнения встречался в 20 (7,5 %) случаях, причем в 14 из них нарушение возникало в области нижней части металлоконструкции.

Резорбция костной ткани выявлена вокруг элементов конструкции в 5 (1,7 %) случаях.

РЖК, феномен adding-on, и прогрессирование сколиоза в условиях металлоконструкции (при крюковой фиксации) наблюдались в 18 (6,7 %) случаях. РЖК встречался наиболее часто – 13 случаев, а прогрессирование сколиоза – лишь в одном.

Для оценки влияния параметров баланса и уровня фиксации на количество осложнений исключены инфекционные осложнения и гидропневмоторакс, а остальные осложнения разделены на осложнения механического и немеханического характера. К первым отнесены переломы инструментария, нестабильность захвата и резорбция костной ткани. К немеханическим – РЖК, adding-on и прогрессирование сколиоза.

Повторное хирургическое вмешательство потребовалось в 9 случаях. В 8 случаях ревизионные вмешательства проводились по поводу ИОХВ. В одном случае проведен перемонтаж крюковой конструкции с заменой на транспедикулярную фиксацию в поясничном отделе.

Проведен анализ количества осложнений в зависимости от степени дисбаланса (таблица 15).

Таблица 15 – Осложнения в зависимости от степени дисбаланса, n (%)

Осложнения	Без дисбаланса (n = 135)	Легкий дисбаланс (n = 87)	Умеренный дисбаланс (n = 29)	Выраженный дисбаланс (n = 17)
Механические	15 (11,1)	9 (10,4)	4 (13,8)	8 (47,1)
Немеханические	7 (5,2)	9 (10,4)	1 (3,5)	–
Всего	22 (16,3)	18 (20,7)	5 (17,3)	8 (47,1)

Из 8 осложнений в группе с окончательным выраженным дисбалансом 5 возникло в результате перехода пациента из более сбалансированных групп после коррекции сколиотической деформации (по 2 пациента из группы без исходного дисбаланса и с легким дисбалансом, 1 пациент – из группы с умеренным дисбалансом). Из 39 пациентов исходной группы с выраженным дисбалансом после коррекции сколиоза осталось 9 пациентов, у 3 из них выявлены механические осложнения. Таким образом, усугубление нарушения

баланса до выраженного является существенным фактором риска для развития осложнений.

Проведена оценка структуры параметров выраженного дисбаланса у пациентов с механическими послеоперационными осложнениями. В 7 случаях ведущим параметром стало нарушение соотношения PI-LL. Лишь в одном случае было изолированное отклонение PI-LL, а в 6 отмечены сочетанные нарушения различных параметров (PT – 3, SVA – 2, CSVL – 1). В одном случае ведущим параметром стало отклонение PT в сочетании с менее выраженными нарушениями показателей PI-LL и CSVL.

Проведен анализ количества осложнений в зависимости от уровня фиксации (таблица 16).

Таблица 16 – Осложнения в зависимости от нижнего уровня фиксации, n (%)

Осложнения	L3 и выше (n = 140)	L4 (n = 121)	L5 (n = 5)
Механические	20 (14,3)	20 (16,5)	2 (40,0)
Немеханические	11 (7,9)	6 (5,0)	–
Всего	31 (22,2)	26 (21,5)	2 (40,0)

При проведении хирургической коррекции сколиоза крюковая фиксация использована в 38 (14,3 %) случаях. Количество осложнений в данной группе составило 12 (31,6 %). С использованием гибридной фиксации (транспедикулярные винты в поясничном отделе и крюковая фиксация в грудном) операция проведена у 178 (66,9 %) пациентов, среди которых в 31 (17,4 %) случае выявлены осложнения. Тотальная транспедикулярная фиксация использована в 52 (18,8 %) случаях, у 10 (19,2 %) пациентов были осложнения.

У пациентов с фиксацией до L5 позвонка выявлено одно осложнение в виде перелома стержня при использовании крюковой фиксации и одно осложнение с транспедикулярной фиксацией в виде перелома винта на уровне L5 слева и резорбции костной ткани справа. При этом клинических

проявлений в виде болевого синдрома у пациента не наблюдалось, а при наблюдении в динамике не выявлено увеличения зоны резорбции и нарастания диастаза между отломками.

Несмотря на небольшое количество наблюдений для групп с выраженным дисбалансом и с фиксацией на уровне L5, прослеживается более высокое количество механических осложнений в данных группах.

ГЛАВА 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ИДИОПАТИЧЕСКИМ СКОЛИОЗОМ И ИСТМИЧЕСКИМ СПОНДИЛОЛИСТЕЗОМ НИЗКИХ СТЕПЕНЕЙ

4.1 Исходные параметры фронтального и сагиттального баланса у пациентов со сколиозом и спондилолистезом

Для оценки выраженности отклонений параметров сагиттального баланса у пациентов со сколиозом и спондилолистезом более предпочтительно проводить сравнение не с группой пациентов с изолированным спондилолистезом, а с группой идиопатического сколиоза. Деформация позвоночника вышележащих отделов может оказывать весьма значительное влияние на общий баланс, в том числе на пояснично-тазовые взаимоотношения. Оценивали 29 пациентов со средним возрастом $17,4 \pm 3,5$ года на момент поступления, что сопоставимо с группой с идиопатическим сколиозом ($19,6 \pm 5,1$ года).

Сравнение проводили по тем же параметрам и критериям, что и в группе с идиопатическим сколиозом (таблица 17).

Таблица 17 – Параметры сагиттального баланса у пациентов с идиопатическим сколиозом 15–35 лет и у пациентов идиопатическим сколиозом и спондилолистезом исследуемой группы

Тип деформации	PI, град.	PT, град.	SS, град.	LL, град.	TK, град.	SVA, мм
Идиопатический сколиоз	$50,4 \pm 10,1$	$7,9 \pm 6,6$	$42,4 \pm 8,0$	$58,2 \pm 11,3$	$30,5 \pm 18,6$	$27,3 \pm 18,3$
Сколиоз и спондилолистез	$62,3 \pm 8,8$	$12,9 \pm 5,2$	$50,5 \pm 8,3$	$68,4 \pm 12,0$	$35,2 \pm 18,7$	$29,6 \pm 12,5$

У пациентов со сколиозом и спондилолистезом наблюдаются более высокие значения по всем показателям. Более высокий PI можно объяснить анатомическими нарушениями при формировании пояснично-тазовых взаимоотношений, так как истмический спондилолистез появляется зачастую еще до периода второго скачка роста. Остальные параметры являются

отражением активных адаптационных механизмов для поддержания глобального сагиттального баланса (SVA), который остается в пределах условной нормы и не сильно отличается от данного параметра у группы идиопатических сколиозов.

Проведена оценка параметров сагиттального баланса по сагиттальному модификатору классификации SRS-Schwab. Из 29 пациентов нарушений параметров баланса не было у 17 (58,7 %). Семь пациентов имели незначительные нарушения баланса только по одному из критериев («+»), что составило 24,1 % от общего числа. Умеренные нарушения баланса с наличием отклонений по двум и более параметрам «+» выявлены у 3 (10,4 %) пациентов, выраженные отклонения значений «++» – у 2 (6,9 %; таблица 18).

Таблица 18 – Сравнение частоты нарушения баланса у пациентов с идиопатическим сколиозом и пациентов со сколиозом и спондилолистезом, n (%)

Тип деформации	Без дисбаланса	Легкий дисбаланс	Умеренный дисбаланс	Выраженный дисбаланс
Сколиоз	119 (44,4)	81 (30,2)	29 (10,8)	39 (14,6)
Сколиоз и спондилолистез	17 (58,7)	7 (24,1)	3 (10,4)	2 (6,9)

Структура нарушения параметров баланса соответствует группе с идиопатическим сколиозом. На первом месте остается нарушение соотношения PI-LL (n = 13). Наименьшее количество отклонений по параметру PT (n = 3).

Проведен анализ корреляционной зависимости оцениваемых параметров баланса (PI-LL, CSVL, SVA и PT) с основными рентгенологическими данными до операции. Выявлено, что PI-LL коррелирует с величиной грудного кифоза, поясничного лордоза, PT. Остальные взаимосвязи статистически оказались недостоверными. По параметру PI-LL зависимости соответствуют группе с идиопатическим сколиозом.

По этим данным видно, что наличие истмического спондилолистеза I и II степеней не влияет на увеличение частоты возникновения пояснично-

тазового дисбаланса, а пациентов с грубыми дисбалансами встречается вдвое меньше. Пациенты со сколиозом и спондилолистезом имеют анатомические особенности пояснично-тазовых взаимоотношений в виде более высокого значения PI. Увеличение грудного кифоза, поясничного лордоза и параметра РТ можно расценивать как компенсаторные реакции для поддержания баланса позвоночника. Процент пациентов, находящихся исходно в дисбалансе, при наличии спондилолистеза ниже, чем в группе идиопатических сколиозов, а количество грубых отклонений вдвое меньше.

4.2 Основные результаты хирургического лечения по данным лучевой диагностики

Для оценки результатов лечения оказались доступными 29 пациентов. Из общей группы спондилолистезов исключены пациенты ранее оперированные, с иными видами инструментария (Antares), не имеющие постуральных рентгенограмм хотя бы в одной временной точке, а также пациенты с поясничной основной сколиотической дугой. Из 29 пациентов у 22 была основная грудная сколиотическая дуга, а грудопоясничное искривление – у 7 исследуемых. Всем пациентам проведена хирургическая коррекция сколиотической деформации инструментарием III поколения по стандартной методике без включения в зону спондилодеза L5–S1 сегмента. В результате хирургического лечения идиопатических сколиозов удалось добиться удовлетворительной коррекции с минимальной потерей достигнутого результата в отделенные сроки. Параметры грудного кифоза и поясничного лордоза соответствовали условной норме по средним значениям (таблица 19).

Исходная величина основной сколиотической дуги в исследуемой группе не отличается от величины искривления в группе с идиопатическим сколиозом. По параметрам величины вторичной дуги, грудного кифоза и поясничного лордоза отмечается увеличение показателей. Наибольший прирост показывает поясничный лордоз. Данный факт может говорить о том,

что поясничный лордоз компенсаторно увеличивается для выравнивания глобального сагиттального баланса при более высоких значениях PI. Нельзя исключить влияние спондилолистеза на состояние сколиотической дуги в поясничном отделе. Соскальзывание L5 позвонка может проходить асимметрично, увеличивая тем самым величину поясничного противоискривления.

Таблица 19 – Основные рентгенологические параметры коррекции сколиотических деформаций в группе сколиотических деформаций со спондилолистезом в динамике

Параметры	До операции	Последний контроль
Основная дуга, град.	67,3 ± 21,5	29,3 ± 22,8
Вторичная дуга, град.	47,2 ± 14,2	19,9 ± 13,4
Грудной кифоз, град.	35,2 ± 18,7	28,5 ± 13,5
Поясничный лордоз, град.	68,4 ± 12,0	63,5 ± 11,2
Коррекция основной дуги, %	–	66,4 ± 17,3
Коррекция вторичной дуги, %	–	68,3 ± 21,4
Потеря коррекции основной дуги, %	–	4,6 ± 6,7
Потеря коррекции вторичной дуги, %	–	10,1 ± 18,0
Смещение L5 позвонка, мм	4,2 ± 2,2	4,4 ± 2,4

В целом, исправление сколиоза дает удовлетворительные результаты с сохранением достигнутой коррекции в отдаленном периоде. Процент коррекции и процент потери коррекции практически не отличаются от группы пациентов с идиопатическим сколиозом.

Среднее смещение L5 позвонка до операции составило $4,2 \pm 2,2$ мм, в динамике – $4,4 \pm 2,4$ мм.

Во всех случаях после коррекции сколиоза не отмечено выраженного болевого синдрома в нижнепоясничном отделе и неврологической симптоматики.

Клинический пример 1. Пациентка 13 лет с идиопатическим правосторонним грудным сколиозом III степени (49°), с поясничным противоискривлением (44°), с истмическим спондилолистезом L5 позвонка I степени (6 мм). Неврологического дефицита нет, без выраженного болевого

синдрома. Проведена коррекция сколиотической деформации сегментарным инструментарием с гибридной фиксацией (транспедикулярные винты в нижнегрудном и поясничном отделах, крюковая фиксация в грудном отделе). В результате операции получена удовлетворительная коррекция. Основная сколиотическая дуга уменьшена до 8° в грудном отделе и до 11° – в поясничном. Смещение позвонка в раннем послеоперационном периоде увеличилось до 8 мм и оставалось стабильным на всем протяжении послеоперационного периода (5 лет). Отрицательной неврологической симптоматики после операции не выявлено, выраженного болевого синдрома не отмечено (рисунок 9).

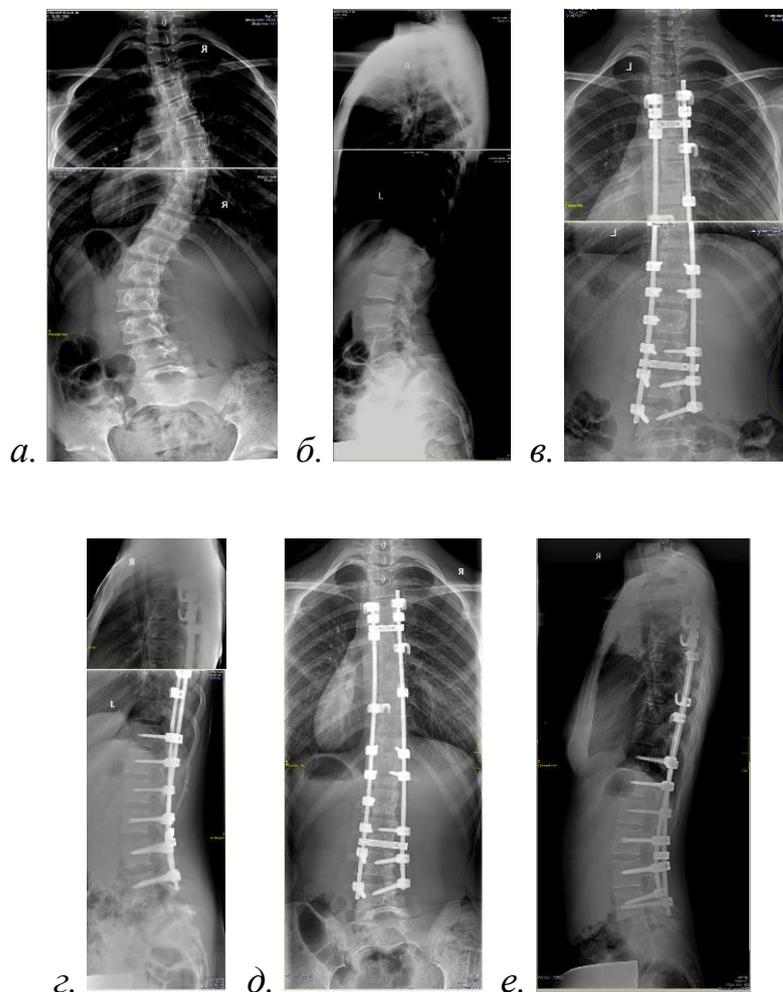


Рисунок 9 – Рентгенограммы пациентки слева направо: *а* – прямая проекция до операции; *б* – боковая проекция до операции; *в* – прямая проекция сразу после операции; *г* – боковая проекция сразу после операции; *д* – прямая проекция через 5 лет после операции; *е* – боковая проекция через 5 лет после операции

4.3 Предикторы прогрессирования спондилолистеза после коррекции сколиотической деформации без включения в зону спондилодеза L5–S1 сегмента

Для выявления предикторов прогрессирования смещения L5 позвонка применен метод описательной статистики, когда за статистически значимое изменение данных принимается 20-процентная разница в исходном и конечном значении параметра. Оценивалось смещение L5 позвонка в миллиметрах перед коррекцией сколиоза и в конце периода наблюдения. Пациенты, у которых разница в двух временных точках была более 20 %, отнесены к группе прогрессирующего спондилолистеза, с разницей менее 20 % – к непрогрессирующим. Проведен сравнительный анализ параметров сагиттального баланса и основных рентгенологических показателей сколиотической деформации.

С высокой степенью достоверности ($p < 0,05$) на прогрессирование спондилолистеза могут влиять такие показатели, как гипокифоз грудного отдела позвоночника, усиление угла наклона L5 позвонка во фронтальной плоскости, причем статистическая зависимость проявляется на всех сроках послеоперационного наблюдения (сразу после операции, через 6 мес., на последнем контроле). Зависимость с низкой достоверностью ($0,05 < p < 0,280$) прослеживается для таких параметров, как PI, послеоперационные большие значения SS, PT и положительный SVA, а также исходно большой угол L5–S1. Увеличение параметров SS, PT и SVA больше является следствием высокого PI и прогрессирования спондилолистеза.

Послеоперационное уменьшение грудного кифоза способно повлиять на остальные параметры сагиттального баланса позвоночника, а при недостаточном механизме компенсации за счет параметров PT и SS может произойти увеличение смещения L5 позвонка. Объяснить механизм большей склонности к прогрессированию спондилолистеза при большем угле наклона L5 во фронтальной плоскости можно лишь возникновением ассиметричной

нагрузки на нижнепоясничный отдел позвоночника. Исходно больший угол в L5–S1 сегмента снижает адаптационные возможности в послеоперационном периоде, так как в большинстве случаев для нормализации баланса позвоночника после заднего спондилодеза имеется уменьшение поясничного лордоза, требующее еще большее увеличения данного параметра.

Таким образом, предикторами прогрессирования спондилолистеза являются гипокифоз грудного отдела позвоночника и большой остаточный угол наклона L5 позвонка. К дополнительным факторам риска можно отнести более высокое значение PI, угла L5–S1 в сагиттальной плоскости в предоперационном периоде и высокие значения PT, SS и положительного параметра SVA после операции.

4.4 Динамика параметров сагиттального баланса в послеоперационном периоде

Для оценки влияния уровня нижнего инструментированного позвонка на параметры баланса пациентов разделили на 3 группы: 1) с фиксацией на уровне L3 позвонка и выше, при которой остаются интактными основные для сагиттального контура сегменты L4–L5, L5–S1 (n = 16); 2) уровень L4 позвонка (n = 12); 3) уровень L5 позвонка (n = 1). У пациентки с фиксацией на уровне L5 не удалось оценить параметры баланса, так как качество выполненных рентгенограмм не позволяло адекватно провести оценку показателей пояснично-тазового баланса. Трудности в оценке данной группы пациентов заключаются в малой выборке, географической удаленности пациентов и по этой причине отсутствия одного или более контрольных обследований, а также в качестве рентгенологического исследования, осуществляемого дистанционно. Проведена оценка параметров в динамике на малой выборке.

Показатель PI для пациентов с фиксацией на L3 позвонке составил 60°, а у группы с фиксацией на L4 – 61,5°.

Наклон таза (PT) увеличивается в послеоперационном периоде в обеих группах. У пациентов со спондилодезом до уровня L3 с тенденцией к снижению к концу срока наблюдения, а при фиксации до уровня L4 позвонка, наоборот, с постепенным увеличением в динамике (приложение 2, рисунок 1).

Параметр SS остается практически стабильным в группе фиксации до L3 позвонка и показывает отчетливую динамику снижения в группе со спондилодезом до L4 (приложение 2, рисунок 2).

График динамики SVA построить не удалось, так как исходно малая выборка требовала дальнейшего деления группы на пациентов с отрицательным и положительным балансом.

Глобальный фронтальный баланс остается стабильным во всех временных точках в пределах условной нормы. Исходно низкий показатель CSVL в группе с фиксацией до L4 позвонка скорее всего по причине малой выборки пациентов (приложение 2, рисунок 3).

Величина поясничного лордоза уменьшается сразу после оперативного вмешательства, постепенно восстанавливаясь к концу периода наблюдения, но все равно не достигая предоперационных значений (приложение 2, рисунок 4).

Динамика угла L5–S1 показывает тенденцию к увеличению к концу срока наблюдения (приложение 2, рисунок 5).

Наклон L5 позвонка в результате хирургической коррекции сколиотической деформации значительно уменьшается и впоследствии не превышает 5° (приложение 2, рисунок 6).

Таким образом, коррекция сколиотической деформации позволяет оставить в стабильном сбалансированном состоянии позвоночник во фронтальной плоскости, но приводит к уменьшению поясничного лордоза. Изменение таких параметров, как PT и угол наклона L5–S1 является компенсаторным для поддержания глобального сагиттального баланса.

Также проведен анализ параметров пояснично-тазовых взаимоотношений в зависимости от степени дисбаланса на последнем контрольном обследовании. Пациентов разделили на 4 группы: без нарушения

баланса «0», легкий дисбаланс с одним отклонением «+», умеренный дисбаланс с двумя и более отклонениями «+», «+», выраженный дисбаланс с одним и более показателем «++».

При использовании данного метода оценки параметров баланса из 29 пациентов не имели нарушений в параметрах баланса 14 (48,3 %) человек, 8 (27,6 %) имели незначительные нарушения баланса только по одному из критериев («+»). Умеренные нарушения баланса с наличием отклонений по 2 и более параметрам «+» выявлены у 5 (17,2 %) пациентов, выраженные отклонения значений «++» – у 2 (6,9 %; таблица 20).

Таблица 20 – Пациенты с нарушением баланса до и после операции в группе со сколиозом и спондилолистезом и в группе с изолированным сколиозом, n (%)

Срок	Без дисбаланса	Легкий дисбаланс	Умеренный дисбаланс	Выраженный дисбаланс
<i>Группа сколиоза и спондилолистеза</i>				
До операции	17 (58,7)	7 (24,1)	3 (10,4)	2 (6,9)
Последний контроль	14 (48,3)	8 (27,6)	5 (17,2)	2 (6,9)
<i>Группа с изолированным сколиозом</i>				
До операции	119 (40,4)	81 (30,2)	29 (10,8)	39 (14,6)
Последний контроль	135 (50,4)	87 (32,5)	29 (10,8)	17 (6,3)

Из полученных данных видно, что коррекция сколиоза при спондилолистезе негативно влияет на частоту возникновения дисбаланса, но при этом без формирования грубых отклонений. Процент пациентов с выраженным дисбалансом после хирургического лечения сопоставим в двух группах.

Структура нарушения параметров баланса в послеоперационном периоде несколько изменилась. На первом месте по-прежнему остается нарушение соотношения PI-LL (n = 13). Произошло уменьшение числа случаев с фронтальным дисбалансом (показатель CSVL) до трех и увеличение числа пациентов с нарушенным РТ до пяти (исходно 3 пациента). Таким образом, коррекция сколиотической деформации позволяет устранить

фронтальный дисбаланс, но при этом компенсаторные механизмы увеличивают значение РТ, выходя за рамки нормы (нарушения не более «+»).

Также проведен анализ зависимости рентгенологических и возрастных параметров в группе без нарушения баланса и в группах различными степенями дисбаланса. В таблицах 21, 22 отражены данные до операции и на последнем контрольном обследовании (не менее двух лет).

Таблица 21 – Влияние рентгенологических и возрастных параметров до операции на степень дисбаланса

Параметры	Без дисбаланса	Легкий дисбаланс	Умеренный дисбаланс	Выраженный дисбаланс
Возраст, лет	18,6	16,1	18,6	14,0
Основная дуга, град.	69,4	56,7	54,6	72,0
Вторичная дуга, град.	50,0	41,4	36,6	57,7
Грудной кифоз, град.	40,8	39,0	27,8	30,3
Поясничный лордоз, град.	70,4	74,0	61,3	65,0
Наклон L5, град.	7,2	8,3	9,0	13,7
L5–S1, град.	20,5	17,7	–	–
PI, град.	59,5	64,0	60,2	75,0
РТ, град.	13,3	12,7	–	–
SS, град.	45,5	51,3	–	–
SVA (+), мм	–	23,6	–	–
SVA (-), мм	–	27,3	–	–
CSVL, мм	11,3	8,3	–	–
Смещение L5, мм	3,3	4,4	3,7	6,8

Предикторами развития выраженного дисбаланса на предоперационном этапе могут быть более молодой возраст, больший угол основной и вторичной дуг, большие наклон во фронтальной плоскости и смещение L5 позвонка относительно S1. Однако высокой степенью достоверности обладает лишь увеличение PI. При оценке послеоперационных рентгенологических параметров прослеживается закономерность зависимости гипокифоза, гиполордоза, уменьшения угла L5–S1, увеличения PI, РТ, SS, CSVL, отрицательного SVA, а также большего смещения L5 позвонка и

формирования выраженного дисбаланса. Но высокой степенью достоверности обладают только параметры PI, PT и SS.

Таблица 22 – Влияние рентгенологических параметров в конце срока наблюдения на степень дисбаланса

Параметры	Без дисбаланса	Легкий дисбаланс	Умеренный дисбаланс	Выраженный дисбаланс
Основная дуга, град.	32,3	20,0	17,2	27,0
Вторичная дуга, град.	21,7	12,0	15,6	21,0
Грудной кифоз, град.	36,3	29,1	22,0	17,3
Поясничный лордоз, град.	62,4	67,1	67,4	44,7
Наклон L5, град.	6,6	3,4	5,2	6,3
L5–S1, град.	22,3	22,1	21,4	19,0
PI, град.	59,5	64,0	60,2	75,0
PT, град.	11,9	14,1	12,0	25,0
SS, град.	47,6	49,7	48,2	50,0
SVA (+), мм	–	23,3	–	22,7
SVA (-), мм	24,6	27,3	50,2	–
CSVL, мм	14,1	10,7	14,0	18,0
Смещение L5, мм	3,6	4,9	4,2	7,5

Можно прийти к выводу о том, что если в результате коррекции возникает дефицит физиологических изгибов, то это вынуждает организм задействовать компенсаторные механизмы в виде увеличения PT и SS. В группе идиопатических сколиозов отражено, что основные компенсаторные механизмы формировались в сегменте L5–S1 – изменение угла наклона L5 во фронтальной плоскости, формирование большего угла L5–S1, что наиболее отчетливо видно по группе с фиксацией до L5 позвонка. При наличии спондилолистеза L5 позвонка, что само по себе является ненормальным для организма, эти компенсаторные реакции существенно ограничены, что и может приводить к нарушению баланса позвоночника.

Проведен анализ частоты развития дисбаланса в зависимости от уровня нижнего инструментированного позвонка (таблица 23).

Таблица 23 – Частота развития дисбаланса в зависимости от уровня нижнего инструментированного позвонка, %

Уровень фиксации	PI-LL	CSVL	SVA	PT
L3 и выше	46,2	0,0	25,0	33,3
L4	37,5	0,0	0,0	25,0

В процентном соотношении частота развития дисбаланса выше с фиксацией позвоночника на уровне L3. Таким образом, утверждать, что спондилодез с более низким уровнем фиксации может негативно сказаться на балансе неправомерно.

Проведено сравнение рентгенологических параметров в группах идиопатического сколиоза со спондилолистезом и без него. При спондилолистезе перед операцией наблюдаются более высокие значения наклона L5, вторичной дуги, поясничного лордоза, PI, PT, SS, чем при сколиозе ($p < 0,05$). В послеоперационном периоде к уже имеющимся параметрам добавляется наклон нижнего инструментированного позвонка во фронтальной плоскости.

Статистический материал помогает доказать тот факт, что патология L5–S1 сегмента влияет не только на параметры пояснично-тазового баланса, но и на течение сколиотической болезни, увеличивая величину поясничной/грудопоясничной сколиотической дуги. Основным параметром сагиттального баланса при спондилолистезе является показатель PI, который существенно выше, чем в группе с изолированным сколиозом, а угол наклона L5 позвонка может восприниматься как ориентир для предстоящей коррекции.

4.5 Оценка качества жизни пациентов в зависимости от степени дисбаланса и уровня нижнего инструментированного позвонка

Качество жизни пациентов оценивали с использованием опросника SRS-24. Анкетирование проводилось через 6, 12 мес. после операции и не менее чем через 2 года после лечения (таблица 24).

Таблица 24 – Динамика оценки качества жизни по результатам анкетирования

Домены	Через 6 мес.	Через 12 мес.	Последний контроль
Боль	4,0	3,8	4,0
Общий внешний вид	3,9	3,8	4,0
Внешний вид	4,5	4,3	4,0
Общая активность	3,0	3,1	3,3
Профессиональная активность	3,5	3,9	4,2
Удовлетворенность результатом	4,1	4,1	4,1
Функции после операции	1,8	2,0	2,0
Тотал	88,1	88,4	91,3

Оценка качества жизни по всем доменам после хирургической коррекции сколиоза показывает высокие значения со стабильной тенденцией к улучшению в конце срока наблюдения. По общему значению суммы баллов показатели несколько ниже, чем в группе с идиопатическими сколиозами.

Проведена оценка качества жизни в зависимости от уровня нижнего инструментированного позвонка в послеоперационном периоде (таблицы 25, 26).

Таблица 25 – Качество жизни через 6 мес. после операции в зависимости от нижнего уровня фиксации

Домены	L3 и выше	L4
Боль	4,0	4,0
Общий внешний вид	4,1	3,7
Внешний вид	4,6	4,5
Общая активность	3,2	2,7
Профессиональная активность	3,6	3,2
Удовлетворенность результатом	4,1	4,3
Функции после операции	2,0	1,7
Тотал	91,0	86,9

Таблица 26 – Качество жизни на последнем контрольном обследовании (не ранее двух лет после операции) в зависимости от нижнего уровня фиксации

Домены	L3 и выше	L4
Боль	3,9	4,4
Общий внешний вид	4,1	4,3
Внешний вид	4,2	3,8
Общая активность	3,0	3,8
Профессиональная активность	4,0	4,7
Удовлетворенность результатом	4,1	4,2
Функции после операции	2,1	1,8
Тотал	90,0	96,8

Несмотря на прослеживающиеся закономерности снижения баллов в срок 6 мес. после операции, практически по всем доменам в группе с фиксацией до L4 позвонка статистически достоверной разницы не получено. Во время проведения контрольного обследования ситуация в значительной степени меняется, и показатель «тотал» в группе с фиксацией до L4 позвонка существенно выше.

Оценка качества жизни в зависимости от степени дисбаланса показывает, что в срок 6 мес. после операции существенно ниже показатели по большинству из доменов в группе с выраженным дисбалансом, однако статистически значимыми являются домены болевого синдрома, удовлетворенности результатами, функции после операции и тотальное значение. На последнем контрольном обследовании показатели выравниваются по всем составляющим анкеты. К сожалению, оценить качество жизни пациентов с выраженным дисбалансом не удалось. Если ориентироваться на промежуточные результаты в срок 1 год, на котором тотал составил 87 баллов в группе выраженного дисбаланса (в группе без дисбаланса – 89,8, а с легкими и умеренными нарушениями – 90,2 и 87,7 соответственно), то можно проследить отчетливую положительную динамику (таблицы 27, 28).

Таблица 27 – Качество жизни через 6 мес. после операции в зависимости от степени дисбаланса

Домены	Без дисбаланса	Легкий дисбаланс	Умеренный дисбаланс	Выраженный дисбаланс
Боль	4,4	4,3	3,9	3,1
Общий внешний вид	4,2	3,8	4,0	4,0
Внешний вид	4,4	4,4	4,5	3,8
Общая активность	2,8	2,4	3,1	3,0
Профессиональная активность	3,2	4,0	3,0	3,4
Удовлетворенность результатом	4,6	4,5	3,8	3,3
Функции после операции	1,9	2,3	1,0	1,0
Тотал	91,7	92,3	84,5	77,7

Таблица 28 – Качество жизни на последнем контрольном обследовании (не ранее двух лет после операции) в зависимости от степени дисбаланса

Домены	Без дисбаланса	Легкий дисбаланс	Умеренный дисбаланс	Выраженный дисбаланс
Боль	4,1	4,3	4,3	–
Общий внешний вид	4,1	4,0	4,5	–
Внешний вид	3,9	4,2	3,7	–
Общая активность	3,2	3,7	3,7	–
Профессиональная активность	4,0	4,7	4,8	–
Удовлетворенность результатом	4,1	4,7	4,0	–
Функции после операции	2,2	1,3	2,3	–
Тотал	92,0	96,3	97,0	–

Проведен статистический анализ разницы качества жизни пациентов после операции в группе со спондилолистезом и без него. Получена достоверная разница ($p < 0,05$) по показателю профессиональной активности сразу после операции, а также по показателям боли и общего внешнего вида в срок 12 мес. после операции, которые ниже в группе со спондилолистезом.

При проведении последнего контроля все показатели выравниваются и статистических отличий в двух группах не обнаружено.

4.6 Осложнения хирургического лечения

Из 51 пациента, обратившегося в клинику с идиопатическим сколиозом и спондилолистезом, у 9 (17,7 %) выявлены осложнения после операции. Из исследования исключены случаи, которые потребовали удаления или применения иных видов инструментария. У доступных для исследования 29 пациентов послеоперационные осложнения были в 6 (20,7 %) случаях. Повторное хирургическое вмешательство потребовалось лишь в одном случае, проведены ревизия и санация послеоперационной раны. Инструментарий сохранен.

В структуре осложнений один случай инфекции области хирургического вмешательства. В одном случае выявлена медиальная мальпозиция винта в теле L4 позвонка, которая не вызывала компрессии сосудисто-нервных образований, а также неврологической симптоматики и выраженного болевого синдрома. Перелом стержня металлоконструкции произошел в 4 случаях. С учетом сроков после проведенного лечения сформированный задний искусственный костно-металлический блок, минимальное смещение отломков стержней, повторное хирургическое лечение не проводили.

Осложнений немеханического характера (РЖК и adding-on феномена) выявлено не было. Произведен анализ механических осложнений в зависимости от степени дисбаланса и от уровня нижнего инструментированного позвонка. У пациентов без дисбаланса выявлено 2 осложнения, с легкими нарушениями и с выраженным дисбалансом – по одному. При спондилодезе до L3 позвонка было 3 осложнения, на уровне L4 – одно. Для адекватной статистической обработки нет достаточного количества наблюдений.

Таким образом, нет доказанного негативного влияния дисбаланса и продленного спондилодеза на частоту возникновения механических осложнений после коррекции сколиотической деформации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной целью хирургической коррекции сколиотической деформации у молодых пациентов в большинстве случаев является устранение косметического дефекта. Данное утверждение правомерно для деформаций до 80° , когда не страдает функция внутренних органов и у организма хватает компенсаторных возможностей для поддержания нормального уровня активности. Косметический же дефект не позволяет пациенту чувствовать себя здоровым и вести полноценный образ жизни. Коррекция сколиоза добавляет уверенности, раскрепощает пациента, тем самым может существенно улучшить качество жизни [13]. С другой стороны, данный вид лечения очень травматичный, связан с риском послеоперационных осложнений, которые способны негативно сказаться и на внешнем виде, и на состоянии здоровья в целом, а также способны вызвать выраженный болевой синдром. При сколиозах более 80° основными целями операции являются увеличение объема грудной клетки, улучшение функции внутренних органов, но вопрос косметического дефекта при этом не уходит на второй план. Пациентам очень важно иметь более ровную спину, поэтому коррекция грубых деформаций является более многозадачной.

В последнее время вопросу баланса позвоночника уделяется огромное внимание, разработано множество формул, классификаций и методик, особенно это касается сагиттального позвоночно-тазового баланса. Большая часть исследований была проведена в области дегенеративных изменений позвоночника, что не удивительно, ведь основные изменения при остеохондрозе происходят в нижнепоясничных сегментах и, в первую очередь, нарушают сагиттальный контур позвоночника.

Имеющиеся методы оценки баланса позвоночника далеки от идеала, особенно если это касается таких деформаций, как сколиоз. Большинство параметров баланса основаны на рентгенологических методиках и привязаны к одной из плоскостей. Сколиоз – это трехмерная деформация. Оценить ее

полноценно можно только создав 3D-модель. На сегодняшний день существуют методы визуализации позвоночника в трехмерном пространстве – это и 3D-видеоанализ, и EOS-машина, однако не создано определенных норм и стандартов оценки. В практическом плане пользоваться этими системами еще невозможно. Поэтому основной целью нашей работы было оценить параметры баланса в имеющихся доступных системах. Разработана система оценки параметров фронтального и сагиттального баланса, в которой объединены сагиттальный модификатор SRS-Schwab и показатель CSVL. Клиническая значимость отклонений определена путем оценки качества жизни, числа осложнений, стабильности результата в зависимости от степени нарушения баланса.

Проведена оценка исходных параметров баланса позвоночника 268 пациентов 15–35 лет с идиопатическим сколиозом I и III типов по Lenke.

Оценены такие показатели, как PI, PT, LL, SS, Tк, SVA. У пациентов с идиопатическим сколиозом данные параметры незначительно отличаются от условной нормы пациентов без патологии позвоночника по Schwab et al.

При оценке по сагиттальному модификатору классификации SRS-Schwab, дополненным параметром фронтального баланса, лишь 44,4 % пациентов не имели исходного дисбаланса. Легкие и умеренные нарушения баланса выявлены у 30,2 и 10,8 % пациентов, а выраженные отклонения у 14,6 %.

В структуре дисбаланса преобладающим было нарушение соотношения PI-LL. Анализ корреляционной зависимости параметров показал достоверную взаимосвязь параметра PI и большинства рентгенологических признаков (PT, LL, TK, SVA, углом L5–S1).

Большинство авторов, описывая адаптационные механизмы, заостряют внимание на таких параметрах, как PT и SS. Тогда как при планировании протяженного спондилодеза на себя обращает внимание адаптационная функция угла L5–S1, а нарушение фронтального баланса зависит от исходного угла наклона L5.

Всем 268 пациентам проведена хирургическая коррекция сколиотической деформации по стандартной методике. Получены удовлетворительные результаты лечения. Средний процент коррекции основной дуги составил 61,5 %, потеря коррекции – 3,1 %.

Оценка динамики параметров баланса производилась с учетом уровня фиксации (L3 и выше, L4, L5) и степени дисбаланса.

В послеоперационном периоде для достижения оптимального баланса в организме срабатывают адаптационные механизмы в виде изменения параметров PT, SS, LL. Чем ниже уровень фиксации, тем больше изменений наблюдается в сегменте L5–S1, причем как в сагиттальной, так и во фронтальной плоскостях. Мобильность данного сегмента у пациентов 15–35 лет позволяет сохранять параметры SVA и CSVL в пределах нормы в конце периода наблюдения, даже если нижний инструментированный позвонок расположен на уровне L5. Спондилодез до данного уровня обоснован при исходно большом наклоне позвонка во фронтальной плоскости.

Коррекция сколиотической деформации положительно влияет на баланс позвоночника, увеличивая на 6 % количество пациентов без дисбаланса и вдвое снижает процент пациентов с выраженным дисбалансом.

При анализе основных рентгенологических параметров до операции в зависимости от степени дисбаланса выявлено, что предикторами развития выраженного дисбаланса являются более грубый сколиоз ($85,3^\circ \pm 30,3^\circ$), больший наклон L5 и исходный дисбаланс во фронтальной плоскости ($p < 0,05$). На последнем контроле значимостью обладают большая остаточная сколиотическая дуга ($43,3^\circ \pm 23,1^\circ$), большой угол кифоза ($32,3^\circ \pm 15,9^\circ$), а также меньший угол поясничного лордоза ($52,3^\circ \pm 14,1^\circ$), $p < 0,05$. Меньшей достоверностью обладает увеличение таких параметров, как возраст, вторичная дуга, грудной кифоз, угол L5–S1, отрицательный SVA, снижение поясничного лордоза ($p < 0,2$).

Для величины исходной сколиотической деформации пороговым значением является дуга более $69,5^\circ$ (с чувствительностью 68 %, с

специфичностью 67 %, точностью 67 %). Для угла наклона L5 позвонка во фронтальной плоскости пороговым значением является $7,5^\circ$ (с чувствительностью 74 %, специфичностью 64 %, точностью 67 %). Высокий риск развития послеоперационного выраженного дисбаланса будет при величине остаточной сколиотической дуги более $30,5^\circ$ (с чувствительностью 68 %, специфичностью 71 %, точностью 71 %), поясничный лордоз меньше $45,5^\circ$ (с чувствительностью 37 %, специфичностью 83 %, точностью 80 %). Пороговое значение величины грудного кифоза обладает низкой точностью, поэтому данный параметр отнести к достоверным предикторам развития дисбаланса невозможно.

Полученные данные немного отличаются от данных литературы, где многие авторы связывают послеоперационный дисбаланс с гипокифозом грудного отдела позвоночника. Также интересна зависимость степени дисбаланса от возраста. Чем более в старшем возрасте проведена коррекция сколиоза, тем серьезней может быть нарушение баланса. Этот фактор не обладает высокой достоверностью, но тенденция отчетливая. Возможно, это связано с начальными дегенеративными процессами, которые могут ограничивать адаптационные возможности за счет изменения параметров PT, SS, угол L5–S1. Для получения более достоверной динамики требуется изучение следующей возрастной группы.

При анализе частоты дисбаланса в зависимости от уровня фиксации достоверно подтвердить негативное влияние более низкого уровня не удалось.

Оценка качества жизни проводилась по результатам опросника SRS-24. Пациенты с фиксацией на уровне L5 позвонка показывают более низкие результаты в сроки 6 мес. после операции, но к последнему контролю восстанавливают показатели до уровня других групп. Статистически достоверной разницы не получено ни по одному из доменов оценки.

При оценке качества жизни в зависимости от степени дисбаланса получены более низкие баллы по домену болевого синдрома у пациентов с выраженным дисбалансом в сроки 6 мес. после операции ($p < 0,2$). На

последнем контрольном обследовании общая оценка у пациентов с выраженным дисбалансом была выше, чем у пациентов в группе без нарушений баланса.

Таким образом, у молодых пациентов 15–35 лет хватает компенсаторных механизмов организма для достаточно высокого качества жизни вне зависимости от степени дисбаланса и уровня фиксации.

При анализе частоты послеоперационных осложнений механического (переломы стержней, винтов, нестабильность захватов, резорбция костной ткани вокруг элементов металлоконструкции) и немеханического (РЖК, adding-on, прогрессирование сколиоза) характера выявлено, что выраженный дисбаланс увеличивает риск развития механических осложнений до 50 %, фиксация до уровня L5 позвонка – до 40 %. Не выявлено значительной разницы в частоте развития осложнений в группах без дисбаланса, с легкими и умеренными нарушениями. Также нет значительной разницы в группах с фиксацией до L3 и L4 позвонков. В структуре пациентов с выраженным нарушением баланса, у которых возникли послеоперационные механические осложнения, преобладает нарушение взаимоотношения PI-LL.

Выбранная система оценки параметров баланса с применением сагиттального модификатора SRS-Schwab, дополненная параметром CSVL, показывает клиническую значимость при выраженном дисбалансе, что проявляется существенным снижением качества жизни пациентов данной группы в первые 6 мес. после операции и более высоким риском механических послеоперационных осложнений по сравнению с группами с менее выраженными нарушениями баланса.

С целью сравнения влияния на баланс позвоночника идиопатического сколиоза с другим заболеванием, которое может нарушать пояснично-тазовые взаимоотношения, выбран истмический спондилолистез низких степеней. Это заболевание, при котором показания к хирургическому лечению возникают при выраженном болевом синдроме или неврологической симптоматике, а при отсутствии проявлений пациент может длительное время вести активный

образ жизни. Истмический спондилолистез в сочетании с идиопатическим сколиозом явление не частое. С 1997 по 2021 г. в клинику Новосибирского НИИТО им. Я.Л. Цивьяна с данной проблемой обращался всего 51 пациент.

Для оценки параметров баланса и результатов лечения пациентов с идиопатическим сколиозом и истмическим спондилолистезом I–II степеней отобрано 29 пациентов. Всем требовалась коррекция сколиотической деформации и при этом не было клинических проявлений спондилолистеза. Пациенты оказались сопоставимы по возрасту с группой идиопатического сколиоза.

При оценке исходных параметров баланса выявлено, что в группе со спондилолистезом были более высокие значения PI, PT, SS, TK, LL (PI = $62,3 \pm 8,8$; PT = $12,9 \pm 5,2$, SS = $50,5 \pm 8,3$, TK = $35,2 \pm 18,7$, LL = $68,4 \pm 12,0$ при спондилолистезе; PI = $50,4 \pm 10,1$, PT = $7,9 \pm 6,6$, SS = $42,4 \pm 8,0$, TK = $30,5 \pm 18,6$, LL = $58,2 \pm 11,3$ при сколиозе) и относительно сравнимые значения параметра SVA. Как известно, ведущим параметром для спондилолистеза и для пояснично-тазовых взаимоотношений является параметр PI. Остальные параметры претерпевают изменения для сохранения общего глобального баланса, отраженного показателем SVA.

Тем не менее исходно пациентов без нарушения баланса было больше в группе со спондилолистезом (58,7 против 44,4 %), а выраженных нарушений баланса наблюдалось вдвое меньше. Таким образом, можно утверждать, что наличие спондилолистеза низких степеней не ведет к ухудшению баланса. Также схожа остается и структура нарушений, когда более частыми остаются нарушения соотношения PI-LL.

Всем пациентам проведена коррекция сколиотической деформации по стандартной методике. Исходная величина основной дуги сопоставима с группой сколиозов. Наибольшие отличия заключаются в усилении поясничного лордоза и выраженности вторичной дуги. Очевидно, что усиление лордоза является компенсацией более высокого значения PI, а больший угол поясничной дуги вероятно связан с асимметричным

соскальзыванием L5 позвонка. Клинически значимого прогрессирования спондилолистеза после коррекции сколиоза не выявлено (средняя величина смещения до операции $4,2 \pm 2,2$ мм, после операции $4,4 \pm 2,4$ мм).

Проведен анализ предикторов прогрессирования спондилолистеза. В результате выявлено, что такие показатели, как гипокифоз грудного отдела позвоночника и усиление угла наклона L5 позвонка во фронтальной плоскости увеличивают риск прогрессирования спондилолистеза ($p < 0,05$). Такие показатели, как более высокий PI, послеоперационные большие значения SS, PT, положительный SVA, а также исходно больший угол L5–S1 также могут влиять на увеличение смещения L5 позвонка, но уже с меньшей статистической достоверностью ($0,05 < p < 0,280$).

Динамика параметров сагиттального баланса при контрольном обследовании после операции существенно не отличается от изменений в группе идиопатических сколиозов, только чуть с более высокими значениями параметров.

Процент пациентов без нарушения баланса после коррекции сколиоза у пациентов со спондилолистезом становится меньшим, чем на этапе перед операцией, но процент грубых нарушений не увеличивается.

При анализе зависимости рентгенологических и возрастных параметров в группе без нарушения баланса и в группах с различными степенями дисбаланса выявлено, что более высокий PI может способствовать формированию более выраженного дисбаланса ($p < 0,05$). Очень важным фактором во время коррекции сколиоза будет сохранение поясничного лордоза, соответствующего параметру PI, так как при спондилолистезе ограничен ресурс использования угла L5–S1 для поддержания баланса, а увеличение параметров PT и SS не безгранично.

При спондилолистезе на этапе перед операцией наблюдаются более высокие значения наклона L5, вторичной дуги, поясничного лордоза, PI, PT, SS, чем при сколиозе ($p < 0,05$). В послеоперационном периоде к уже

имеющимся параметрам добавляются наклон L5 и наклон нижнего инструментированного позвонка во фронтальной плоскости.

Статистический материал помогает доказать тот факт, что патология L5–S1 сегмента влияет не только на параметры пояснично-тазового баланса, но и на течение сколиотической болезни, увеличивая величину поясничной/грудопоясничной сколиотической дуги. Основным параметром сагиттального баланса при спондилолистезе является показатель PI, который существенно выше, чем в группе с изолированным сколиозом, а угол наклона L5 позвонка может восприниматься как ориентир для предстоящей коррекции.

Качество жизни после хирургической коррекции сколиоза по результатам анкетирования постепенно улучшается на всем протяжении послеоперационного периода, показывая хорошие результаты в конце срока наблюдения. По общему значению суммы баллов показатели несколько ниже, чем в группе с идиопатическими сколиозами. Качество жизни после операции у пациентов со спондилолистезом на ранних этапах после операции оценивается ниже, чем в группе со сколиозом, а в отдаленном периоде – выше. А вот выраженный дисбаланс снижает показатели качества жизни. Страдают домены болевого синдрома и удовлетворенности результатом.

Проведен статистический анализ разницы качества жизни пациентов после операции в группе со спондилолистезом и без него. Получена достоверная разница ($p < 0,05$) по показателю профессиональной активности сразу после операции, а также по показателям боли и общего внешнего вида в срок 12 мес. после операции, которые ниже в группе со спондилолистезом. При проведении последнего контроля все показатели выравниваются и статистических отличий в двух группах не обнаружено (91,3 баллов по анкетам SRS-24 при спондилолистезе, 92,8 – без спондилолистеза).

При анализе послеоперационных осложнений не получено данных о влиянии дисбаланса и продленного спондилодеза на частоту возникновения механических осложнений после коррекции сколиотической деформации.

ВЫВОДЫ

1. Более половины (55,6 %) пациентов с идиопатическим сколиозом I и III типов по Lenke в возрасте от 15 до 35 лет имеют исходные нарушения баланса, 14,6 % из них выраженные, а предоперационными предикторами выраженных нарушений баланса являются сколиоз с дугой более $69,5^\circ$, наклон L5 более $7,5^\circ$, послеоперационными предикторами – остаточная сколиотическая дуга больше $30,5^\circ$, угол поясничного лордоза – менее $45,5^\circ$.
2. Разработанная система оценки параметров фронтального и сагиттального пояснично-тазового баланса имеет клиническую значимость при отклонении показателей до выраженных («+++»), при которых показатели качества жизни по результатам анкетирования снижаются до 84,9 баллов в первые 6 мес. после операции против 90,9–92,5 баллов в остальных группах.
3. Выраженный дисбаланс позвоночника и фиксация до уровня L5 увеличивают риск развития механических послеоперационных осложнений до 50 и 40 % соответственно, но при этом не влияют на качество жизни в отделенном послеоперационном периоде, а повторные хирургические вмешательства требуются лишь в единичных случаях. Коррекция сколиотической деформации позволяет на 6 % увеличить группу пациентов без нарушений баланса, а количество грубых отклонений снизить в 2 раза по сравнению с исходным соотношением.
4. Особенности баланса у пациентов с идиопатическим сколиозом и спондилолистезом I–II степеней являются более высокие показатели PI, PT, SS, TK и LL, при низком исходном проценте дисбаланса (41,3 против 55,6 % при сколиозе). Предикторами прогрессирования спондилолистеза являются гипокифоз грудного отдела позвоночника ($18,9^\circ \pm 7,4^\circ$) и большой угол наклона L5 позвонка во фронтальной плоскости ($8,4^\circ \pm 5,3^\circ$), $p < 0,05$.

5. Хирургическая коррекция сколиотической деформации у пациентов со спондилолистезом I–II степеней без включения в зону спондилодеза L5–S1 сегмента не приводит к клинически значимому прогрессированию смещения L5 позвонка и развитию болевого синдрома

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. В предложенной системе оценки клинически значимыми являются выраженные отклонения одного из параметров фронтального или сагиттального баланса («+++»).
2. Во время коррекции сколиоза необходимо ориентироваться на пороговые значения формирования дисбаланса: остаточная сколиотическая дуга не должна превышать $30,5^\circ$, поясничный лордоз должен быть не менее $45,5^\circ$.
3. При отсутствии неврологической корешковой симптоматики, выраженного болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника возможно проведение коррекции сколиотической деформации без включения в зону спондилодеза L5–S1 сегмента у пациентов с истмическим спондилолистезом низких степеней.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афаунов, А.А. Вариант хирургической тактики при лечении спондилоптоза / А.А. Афаунов, А.В. Кузьменко, И.В. Басанкин // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2011. – № 3. – С. 22–26.
2. Байков, Е.С. Хирургическое лечение пациентов с сагиттальным дисбалансом дегенеративной этиологии: сравнение двух методик / Е.С. Байков, А.В. Пелеганчук, А.Д. Сангинов, О.Н. Леонова, А.В. Крутько // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2020. – Т. 27. – № 3. – С. 16–26.
3. Банникова, Р.А. Вертебральные болевые синдромы у подростков: дискуссионные вопросы / Р.А. Банникова, О.А. Андруская, А.А. Погребняк // Спортивная медицина. – 2014. – Т. 2014. – № 1. – С. 25–31.
4. Булатов, А.В. Хирургическое лечение спондилолистезов низкой степени градации: современное состояние проблемы / А.В. Булатов, В.С. Климов, А.В. Евсюков // Хирургия позвоночника. – 2016. – Т. 13. – № 3. – С. 68–77.
5. Бурцев, А.В. Клинические аспекты сагиттального баланса у взрослых / А.В. Бурцев, С.О. Рябых, А.О. Котельников, А.В. Губин // Гений ортопедии. – 2017. – Т. 23. – № 2. – С. 228–235.
6. Васильев, А.И. Дегенеративный сколиоз: обзор мировой литературы / А.И. Васильев // Хирургия позвоночника. – 2016. – Т. 13. – № 4. – С. 56–65.
7. Васюра, А.С. Эффективность применения ламинарной и транспедикулярной фиксации при хирургическом лечении идиопатического сколиоза поясничной и грудопоясничной локализации / А.С. Васюра, В.В. Новиков, В.В. Белозеров, И.Г. Удалова // Хирургия позвоночника. – 2012. – № 1. – С. 48–53.
8. Виссарионов, С.В. Хирургическое лечение спондилолистеза L5 позвонка у детей. Возможности заднего доступа / С.В. Виссарионов, В.В.

Мурашко, С.М. Белянчиков, Д.Н. Кокушин, И.Ю. Солохина, И.А. Гусева, Т.В. Мурашко, М.С. Павлова // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2014. – Т. 2. – № 3. – С. 24–33.

9. Воробьева, О.В. Боли в спине у лиц среднего возраста / О.В. Воробьева // Consilium Medicum. – 2011. – Т. 13. – № 9. – С. 37–41.

10. Глазырин, Д.И. Спондилолизный спондилолистез / Д.И. Глазырин, В.В. Рерих // Хирургия позвоночника. – 2009. – № 1. – С. 57–63.

11. Долганова, Т.И. Количественная оценка сагиттального и фронтально баланса осевого скелета методом 3d-видео-анализа / Т.И. Долганова, А.Ю. Аксенов, И.И. Гарипов, О.М. Сергеенко, К.А. Дьячков, И.Д. Черепанов, Д.В. Долганов // Гений ортопедии. – 2023. – Т. 29. – № 3. – С. 307–315.

12. Долганова, Т.И. Методы и критерии оценки динамического сагиттального баланса тела (несистематизированный обзор) / Т.И. Долганова, А.Ю. Аксенов, С.О. Рябых, И.И. Гарипов // Гений ортопедии. – 2021. – Т. 27. – № 6. – С. 827–833.

13. Киметова, И.С. Психоэмоциональный профиль пациентов со сколиозом / И.С. Киметова, Н.Л. Александрова, М.В. Михайловский // Хирургия позвоночника. – 2013. – № 3. – С. 024–029.

14. Кинзягулов, Б.Р. Истмический спондилолистез: современное состояние проблемы / Б.Р. Кинзягулов, В.Б. Лебедев, А.А. Зуев // Нейрохирургия. – 2022. – Т. 24. – № 4. – С. 101–110.

15. Кулешов, А.А. Сравнительная характеристика параметров сагиттального баланса у детей в норме и со спондилолистезом / А.А. Кулешов, М.С. Ветрилэ, В.Р. Захарин, А.В. Овсянкин, Е.С. Кузьминова, И.Н. Лисянский, С.Н. Макаров, Ю.В. Струнина // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2022. – Т. 29. – № 1. – С. 25–33.

16. Лобанов, Г.В. Лечение травматического спондилолистеза поясничного отдела позвоночника аппаратами внешней фиксации / Г.В.

Лобанов, С.А. Стегний // Український морфологічний альманах. – 2010. – Т. 8. – № 3. – С. 74–78.

17. Михайловский, М.В. Хирургия врожденных кифозов / Михайловский М.В. – Новосибирск: Издательство Новосибирского университета, 1994 г. – С. 53–62.

18. Михайловский, М.В. Этапы развития вертебральной хирургии: исторический экскурс / М.В. Михайловский // Хирургия позвоночника. – 2004. – № 1. – С. 10–24.

19. Михайловский, М.В. Хирургия деформаций позвоночника / М.В. Михайловский, Н.Г. Фомичев. – 2-е издание. – Новосибирск, 2011. – С. 281–282.

20. Никитюк, И.Е. Особенности опорной функции стоп у детей с тяжелыми формами идиопатического сколиоза до и после хирургического лечения / И.Е. Никитюк, С.В. Виссарионов // Гений ортопедии. – 2021. – Т. 27. – № 6. – С. 758–766.

21. Овечкина, А.В. Клинико-рентгенологические показатели позвоночно-тазовых соотношений у детей с диспластическим подвывихом бедра / А.В. Овечкина, П.И. Бортулёв, С.В. Виссарионов, В.Е. Басков, И.Ю. Поздеев, Д.Б. Барсуков // Травматология и ортопедия России. – 2018. – Т. 24. – № 3. – С. 74–82.

22. Пелеганчук, А.В. Влияние позвоночно-тазовых взаимоотношений на поздний вывих головки бедренного компонента эндопротеза после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава / А.В. Пелеганчук, Э.Н. Тургунов, Е.А. Мушкачев, А.Д. Сангинов, А.Е. Симонович, В.В. Павлов // Хирургия позвоночника. – 2022. – Т. 19. – № 1. – С. 63–70.

23. Петрова, А.В. Коррекция состояния здоровья лиц среднего возраста при остеохондрозе и болях в спине / А.В. Петрова // Государство. Бизнес. Общество. Цифровая среда: траектория взаимодействия от теории к практике: сб. научных статей по итогам международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург, 2021. – С. 66–68.

24. Поляков, Ю.Ю. Изменение коксовертебральных параметров при сколиотической деформации позвоночника / Ю.Ю. Поляков, Д.А. Пташников, Ш.Ш. Магомедов, П.Г. Мытыга // Вестник экспериментальной и клинической хирургии. – 2021. – Т. 14. – № 3 (52). – С. 204–209.

25. Продан, А.И. Диспластический спондилолистез: обзор современных концепций этиологии и патогенеза / А.И. Продан, А.Г. Грунтовский, В.А. Куценко, В.А. Колесниченко // Хирургия позвоночника. – 2004. – № 3. – С. 97–104.

26. Продан, А.И. Диспластический спондилолистез: обзор современных концепций лечения / А.И. Продан, А.Г. Грунтовский, В.А. Куценко, В.А. Колесниченко // Хирургия позвоночника. – 2004. – № 4. – С. 23–33.

27. Распопова, Е.А. Спондилолистез у детей на фоне дисплазии соединительной ткани / Е.А. Распопова, А.А. Дударева, А.И. Метальников, Ж.Н. Радимова // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2011. – № S4. – С. 89–90.

28. Ротт, А.Н. Хирургическое лечение спондилолистеза: история и современное состояние проблемы / А.Н. Ротт, В.В. Курносенков // Травматология и ортопедия России. – 2011. – № 2 (60). – С. 199–205.

29. Руденко, В.В. Функциональные результаты хирургического лечения спондилоптозного антелистеза с использованием передних и задних декомпрессивно-стабилизирующих операций / В.В. Руденко, Д.А. Гуляев, Д.С. Годанюк, А.П. Татаринцев // Травматология и ортопедия России. – 2013. – № 1. – С. 44–50.

30. Скрябин, Е.Г. Спондилолиз и спондилолизный спондилолистез LV позвонка у детей дошкольного и младшего школьного возраста / Е.Г. Скрябин // Вестник новых медицинских технологий. – 2014. – Т. 21. – № 3 – С. 75.

31. Скрыбин, Е.Г. Взаимосвязь заболеваний позвоночника и стоп у детей / Е.Г. Скрыбин, А.А. Шарыпова // Медицинская наука и образование Урала. – 2016. – № 2. – С. 45–48.
32. Сюдюков, А.Р. Малоинвазивная реконструкция дуги позвонка при лечении спондилолистеза у детей и подростков / А.Р. Сюдюков, Н.С. Николаев, В.А. Кузьмина, С.А. Александров, П.Н. Корняков, В.Ю. Емельянов // Современные технологии в медицине. – 2021. – Т. 13. – № 5. – С. 62–69.
33. Усиков, В.Д. Алгоритм хирургического лечения спондилолистеза / В.Д. Усиков, Д.А. Пташников, В.В. Курносенков, А.Н. Ротт // Травматология и ортопедия России. – 2011. – № 1 (59). – С. 14–22.
34. Фищенко, Я.В. Наш опыт применения эпидурального адгезиолиза и кинезотерапии у пациентов с поясничным спондилолистезом / Я.В. Фищенко, Л.Д. Кравчук // Медицинская реабилитация, курортология, физиотерапия. – 2015. – № 1 (81). – С. 3–7.
35. Хусаинов, Н.О. Концепция сагиттального баланса у пациентов детского возраста с заболеваниями позвоночника / Н.О. Хусаинов, С.В. Виссарионов, Д.Н. Кокушин, С.Е. Хальчицкий // Современные проблемы науки и образования. – 2021. – № 2. – DOI: 10.17513/spno.30574.
36. Шаповалов, В.М. Тактика хирургического лечения больных с истинным (спондилолистезом) спондилолистезом / В.М. Шаповалов, К.А. Надулич, А.В. Теремшонок, Е.Б. Нагорный, А.Л. Кудяшев // Гений ортопедии. – 2013. – № 2. – С. 78–88.
37. Шаповалов, В.М. Отдаленные результаты хирургического лечения больных с истинным спондилолистезом методом изолированного переднего спондилолистеза / В.М. Шаповалов, К.А. Надулич, А.В. Теремшонок, Е.Б. Нагорный, Н.М. Ястребков // Травматология и ортопедия России. – 2012. – № 1. – С. 14–21.
38. Шевцов, В.И. Лечение спондилолистеза с применением аппарата наружной транспедикулярной фиксации позвоночника / В.И. Шевцов, А.Т.

Худяев, С.В. Люлин, О.С. Россик // Хирургия позвоночника. – 2005. – № 3. – С. 97–100.

39. Шейн, А.П. ЭМГ-признаки реактивности сенсомоторных структур в системе нижних конечностей при оперативном лечении больных с неврологически осложненным спондилолистезом поясничной локализации / А.П. Шейн, Г.А. Криворучко, К.В. Колчанов // Медицинская наука и образование Урала. – 2008. – № 2. – С. 108–111.

40. Шостак, Н.А. Боль в нижней части спины у молодых – новый подход к терапии / Н.А. Шостак, Н.Г. Правдюк, И.Н. Корякина // Терапевтический архив. – 2009. – Т. 81. – № 10. – С. 52–56.

41. Abelin Genevois, K. Spondylolisthesis: Classification and Natural History / K. Abelin Genevois, P. Roussouly // AOSpine Masters Series. 2018. – Vol. 9. Pediatric Spine Deformities. – P. 86–98.

42. Abelin-Genevois, K. Spino-pelvic alignment influences disc hydration properties after AIS surgery: a prospective MRI-based study / K. Abelin-Genevois, E. Estivalezes, J. Briot, A. Sévely, J. Sales de Gauzy, P. Swider // Eur Spine J. – 2015. – Vol. 24. – N 6. – P. 1183–1190.

43. Abelin-Genevois, K. Sagittal classification in adolescent idiopathic scoliosis: original description and therapeutic implications / K. Abelin-Genevois, D. Sassi, S. Verdun, P. Roussouly // Eur Spine J. – 2018. – PMID: 29748903.

44. Akazawa, T. Long-term clinical outcomes of surgery for adolescent idiopathic scoliosis 21 to 41 years later / T. Akazawa, S. Minami, T. Kotani, T. Nemoto, T. Koshi, K. Takahashi // Spine (Phila Pa). – 1976. – Vol. 37. – N 5. – P. 402–405.

45. Akbar, M. Sagittal alignment of the cervical spine in the setting of adolescent idiopathic scoliosis / M. Akbar, H. Almansour, R. Lafage, B.G. Diebo, B. Wiedenhöfer, F. Schwab, V. Lafage, W. Pepke // J Neurosurg Spine. – 2018 – PMID: 30141764.

46. Arlet, V. Scoliosis, spondylolysis and lumbosacral spondylolisthesis. A study of their association apropos of 82 cases in children and adolescents / V. Arlet,

P. Rigault, J.P. Padovani, P. Touzet, G. Finidori, G. Guyonvarch // *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* – 1990. – Vol. 76. – N 2. – P. 118–127.

47. Audat, Z.M. Surgical management of low grade isthmic spondylolisthesis; a randomized controlled study of the surgical fixation with and without reduction / Z.M. Audat, F.T. Darwish, M.M. Al Barbarawi, M.M. Obaidat, W.H. Haddad, K.M. Bashaireh, I.A. Al-Aboosy // *Scoliosis.* – 2011. – Vol. 28. – N 6(1). – P. 14.

48. Babbi, L. Spina bifida occulta in high grade spondylolisthesis / L. Babbi, S. Terzi, S. Bandiera, G. Barbanti Brodano // *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* – 2014. – Vol. 18(1 Suppl). – P. 8–14.

49. Bernstein, P. Thoracal flat back is a risk factor for lumbar disc degeneration after scoliosis surgery / P. Bernstein, S. Hentschel, I. Platzek, S. Hühne, U. Ettrich, A. Hartmann, J. Seifert // *Spine J.* – 2014. – Vol. 14. – N 6. – P. 925–932.

50. Bess, S. Classifications for adult spinal deformity and use of the Scoliosis Research Society-Schwab Adult Spinal Deformity Classification / S. Bess, F. Schwab, V. Lafage, C.I. Shaffrey, C.P. Ames // *Neurosurg Clin N Am.* – 2013. – Vol. 24. – N 2. – P. 185–193. – DOI:10.1016/j.nec.2012.12.008.

51. Bookhout, M.R. Evaluation and conservative management of spondylolisthesis / M.R. Bookhout // *J Back Musculoskelet Rehabil.* – 1993. – Vol. 1. – N 3(4). – P. 24–31.

52. Boos, N. Natural history of individuals with asymptomatic disc abnormalities in magnetic resonance imaging: predictors of low back pain-related medical consultation and work incapacity / N. Boos, N. Semmer, A. Elfering, V. Schade, I. Gal, M. Zanetti, R. Kissling, N. Buchegger, J. Hodler, C.J. Main // *Spine (Phila Pa 1976).* – 2000. – Vol. 15. – N 25(12). – P. 1484–1492. – DOI: 10.1097/00007632-200006150-00006. – PMID: 10851096.

53. Bourassa-Moreau, E. Radiological and clinical outcome of non surgical management for pediatric high grade spondylolisthesis / E. Bourassa-Moreau, H.

Labelle, J.M. Mac-Thiong // *Stud Health Technol Inform.* – 2010. – Vol. 158. – P. 177–181.

54. Bourassa-Moreau, É. Quality of life of patients with high-grade spondylolisthesis: minimum 2-year follow-up after surgical and nonsurgical treatments / É. Bourassa-Moreau, J.M. Mac-Thiong, J. Joncas, S. Parent, H. Labelle // *Spine J.* – 2013. – Vol. 13. – N 7. – P. 770–774.

55. Brink, R.C. Anterior spinal overgrowth is the result of the scoliotic mechanism and is located in the disc / R.C. Brink, T.P.C. Schlösser, D. Colo, L. Vavruch, M. van Stralen, K.L. Vincken, M. Malmqvist, M.C. Kruyt, H. Tropp, R.M. Castelein // *Spine (Phila Pa 1976).* – 2017. – Vol. 42. – N 11. – P. 818–822.

56. Burton, M.R. Isthmic Spondylolisthesis / M.R. Burton, T.J. Dowling, F.B. Mesfin. – Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2020.

57. Chen P.Q., The postural stability control and gait pattern of idiopathic scoliosis adolescents / J.L. Wang, Y.H. Tsuang, T.L. Liao, P.I. Huang, Y.S. Hang // *Clin. Biomech. (Bristol, Avon).* 1998. Vol. 13, No 1 Suppl. 1. P. S52-S58. DOI: 10.1016/s0268-0033(97)00075-2

58. Clements D.H., Did the Lenke classification change scoliosis treatment? / M. Marks, P.O. Newton, R.R. Betz, L. Lenke, H. Shufflebarger, Harms Study Group (2011) // *Spine (Phila Pa 1976)* 36(14):1142–1145

59. Cognetti, D. Neuromuscular scoliosis complication rates from 2004 to 2015: a report from the Scoliosis Research Society Morbidity and Mortality database / D. Cognetti, H.M. Keeny, A.F. Samdani, J.M. Pahys, D.S. Hanson, K. Blanke, S.W. Hwang // *Neurosurg. Focus.* – 2017. – Vol. 43. – N 4. – P. E10.

60. Crawford, C.H. 3rd. Current Evidence Regarding the Etiology, Prevalence, Natural History, and Prognosis of Pediatric Lumbar Spondylolysis: A Report from the Scoliosis Research Society Evidence-Based Medicine Committee. / C.H. Crawford 3rd, C.G. Ledonio, R.S. Bess, J.M. Buchowski, D.C. Burton, S.S. Hu, B.S. Lonner, D.W. Polly, J.S. Smith, J.O. Sanders // *Spine Deform.* – 2015. – Vol. 3. – N 1. – P. 12–29.

61. Crostelli, M. AIS and spondylolisthesis / M. Crostelli, O. Mazza // *Eur Spine J.* – 2013. – Vol. 22 Suppl 2. – P. S172–184.
62. Danielsson, A.J. Back pain and function 23 years after fusion for adolescent idiopathic scoliosis: a case–control study-part II / A.J. Danielsson, A.L. Nachemson // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2003. – Vol. 28. – N 18. – P. E373–E383.
63. Delfino, R. Selective anterior thoracolumbar fusion in adolescent idiopathic scoliosis: long-term results after 17-year follow-up / R. Delfino, J. Pizones, C. Ruiz-Juretschke, F. Sánchez-Mariscal, L. Zúñiga, E. Izquierdo // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2017. – Vol. 42. – N 13. – P. E788–E794.
64. Deslandre, C. Adolescent spinal pain: The pediatric orthopedist's point of view / C. Deslandre, A. Linglart, M. Sokolowski, A. Ferrari // *Orthop Traumatol Surg Res.* – 2015. Vol. 101. – N 6 Suppl. – P. S247–250.
65. Dubousset, J. Three-dimensional analysis of the scoliotic deformity. Chapter 22 / J. Dubousset. // *The Pediatric Spine: principles and practice* / Weinstein S.L., editor. – New York: Raven Press, 1994. – P. 479–496.
66. 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. Eng.* – 1992. – Vol. 20. – N 4. – P. 451–462.
67. El-Hawary, R. Sagittal Spinopelvic Parameters of Young Children with Scoliosis / R. El-Hawary, P.F. Sturm, P.J. Cahill, A.F. Samdani, M.G. Vitale, P.G. Gabos, N.D. Bodin, C.R. d'Amato, C. Harris, J.J. Howard, S.H. Morris, J.T. Smith // *Spine Deform.* – 2013. – Vol. 1. – N 5. – P. 343–347.
68. Faraj, S.S. De novo degenerative lumbar scoliosis: a systematic review of prognostic factors for curve progression / S.S. Faraj, R.M. Holewijn, M.L. van Hooff, M. de Kleuver, F. Pellisé, T.M. Haanstra // *Eur Spine J.* – 2016. – Vol. 25. – N 8. – P. 2347–2358.
69. Fisk, J.R. Scoliosis, spondylolysis, and spondylolisthesis. Their relationship as reviewed in 539 patients / J.R. Fisk, J.H. Moe, R.B. Winter // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 1978. – Vol. 3. – N 3. – P. 234–245.

70. Fredrickson, B.E. The natural history of spondylolysis and spondylolisthesis / B.E. Fredrickson, D. Baker, W.J. McHolick, H.A. Yuan, J.P. Lubicky // *J Bone Joint Surg Am.* – 1984. – Vol. 66. – N 5. – P. 699–707.

71. Fu, K.M. Morbidity and mortality in the surgical treatment of six hundred five pediatric patients with isthmic or dysplastic spondylolisthesis / K.M. Fu, J.S. Smith, D.W. Polly Jr, J.H. Perra, C.A. Sansur, S.H. Berven, P.A. Broadstone, T.J. Choma, M.J. Goytan, H.H. Noordeen, D.R. Knapp Jr, R.A. Hart, W.F. Donaldson 3rd, O. Boachie-Adjei, C.I. Shaffrey // *Spine (Phila Pa 1976).* – 2011. – Vol. 15. – N 36(4). – P. 308–312.

72. Gao, A. Association Between Radiographic Spinopelvic Parameters and Health-related Quality of Life in De Novo Degenerative Lumbar Scoliosis and Concomitant Lumbar Spinal Stenosis / A. Gao, Y. Wang, M. Yu, F. Wei, L. Jiang, Z. Liu, X. Liu // *Spine (Phila. Pa. 1976).* – 2020. – Vol. 45. – N 16. – P. E1013–E1019.

73. Gennari, J.M. MRI signal distribution within the intervertebral disc as a biomarker of adolescent idiopathic scoliosis and spondylolisthesis / J.M. Gennari, C. Themar-Noel, M. Panuel, B. Bensamoun, J. Gervais, D. Périé, S. Parent, H. Labelle, C.E. Aubin // *BMC Musculoskelet Disord.* – 2012. – Vol. 3. – N 13. – P. 239.

74. Glassman, S.D. The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity / S.D. Glassman, K. Bridwell, J.R. Dimar, W. Horton, S. Berven, F. Schwab // *Spine (Phila Pa 1976).* – 2005. – Vol. 30. – N 18. – P. 2024–2029.

75. Goldstein, L.A. Guidelines for the management of lumbosacral spondylolisthesis associated with scoliosis / L.A. Goldstein, P.W. Haake, J.R. Devanny, D.P. Chan // *Clin Orthop Relat Res.* – 1976. – N 117. – P. 135–48.

76. Green, D.W. Long-term magnetic resonance imaging follow-up demonstrates minimal transitional level lumbar disc degeneration after posterior spine fusion for adolescent idiopathic scoliosis / D.W. Green, T.W. Lawhorne 3rd, R.F. Widmann, C.K. Kepler, C. Ahern, D.N. Mintz, B.A. Rawlins, S.W. Burke, O. Boachie-Adjei // *Spine (Phila Pa 1976).* – 2011. – Vol. 36. – N 23. – P. 1948–1954.

77. Guigui, P. Physiological value of pelvic and spinal parameters of sagittal balance: analysis of 250 healthy volunteers / P. Guigui, N. Levassor, L. Rillardon, P. Wodecki, L. Cardinne // *Rev Chir Orthopédique Réparatrice Appar Mot.* – 2003. – Vol. 89. – N 6. – P. 496–506.

78. Guo, J. Pelvic tilt and trunk inclination: New predictive factors in curve progression during the Milwaukee bracing for adolescent idiopathic scoliosis / J. Guo, Z. Liu, F. Lv, Z. Zhu, B. Qian, X. Zhang, X. Lin, X. Sun, Y. Qiu // *Eur. Spine J.* – 2012. – Vol. 21. – N 10. – P. 2050–2058.

79. Gutman, G. Normal sagittal parameters of global spinal balance in children and adolescents: a prospective study of 646 asymptomatic subjects / G. Gutman, H. Labelle, S. Barchi, P. Roussouly, É. Berthonnaud, J.M. Mac-Thiong // *Eur Spine J.* – 2016. – Vol. 25. – N 11. – P. 3650–3657. – DOI: 10.1007/s00586-016-4665-3.

80. Gutman, G. Measurement properties of the Scoliosis Research Society Outcomes Questionnaire in adolescent patients with spondylolisthesis / G. Gutman, J. Joncas, J.M. Mac-Thiong, M. Beauséjour, M. Roy-Beaudry, H. Labelle, S. Parent // *Spine (Phila Pa 1976).* – 2017. – Vol. 42. – N 17. – P. 1316–1321.

81. Han, F. Sagittal plane analysis of the spine and pelvis in degenerative lumbar scoliosis / F. Han, L. Weishi, S. Zhuoran, M. Qingwei, C. Zhongqiang // *J Orthop Surg (Hong Kong).* – 2017. – Vol. 25. – N 1. – P. 2309499016684746.

82. Hausmann, O.N. Preoperative radiological and electrophysiological evaluation in 100 adolescent idiopathic scoliosis patients / O.N. Hausmann, T. Böni, C.W. Pfirrmann, A. Curt, K. Min // *Eur Spine J.* – 2003. – Vol. 12. – N 5. – P. 501-6. – Epub 2003 Aug 2.

83. Helenius, I. Posterolateral, anterior, or circumferential fusion in situ for high-grade spondylolisthesis in young patients: a long-term evaluation using the Scoliosis Research Society questionnaire / I. Helenius, T. Lamberg, K. Osterman, D. Schlenzka, T. Yrjönen, P. Tervahartiala, S. Seitsalo, M. Poussa, V. Remes // *Spine (Phila Pa 1976).* – 2006. – Vol. 15. – N 31(2). – P. 190–196.

84. Helenius, I. Long-term health-related quality of life after surgery for adolescent idiopathic scoliosis and spondylolisthesis / I. Helenius, V. Remes, T. Lamberg, D. Schlenzka, M. Poussa // *J Bone Joint Surg Am.* – 2008. – Vol. 90. N 6. – 1231–1239.
85. Helenius, I. Harrington and Cotrel-Dubousset instrumentation in adolescent idiopathic scoliosis. Long-term functional and radiographic outcomes / I. Helenius, V. Remes, T. Yrjönen, M. Ylikoski, D. Schlenzka, M. Helenius, M. Poussa // *J Bone Jt Surg.* – 2003. – N 12. – P. 2303–2309.
86. Hershman, S. Spondylolisthesis in Operative Adolescent Idiopathic Scoliosis: Prevalence and Results of Surgical Intervention / S. Hershman, J. Hochfelder, L. Dean, B. Yaszay, B. Lonner // *Spine Deform.* – 2013. – Vol. 1. – N 4. – P. 280–286.
87. Horton, W. Spinal Deformity Study Group. Improvement of back pain with operative and nonoperative treatment in adults with scoliosis / W. Horton, S. Ondra, F. Schwab, M. Shainline, K.M. Fu, K. Bridwell // *Neurosurgery.* – 2009. – Vol. 65. – N 1. – P. 86–93.
88. Huang, R.P. Predictive value of pelvic incidence in progression of spondylolisthesis / R.P. Huang, H.H. Bohlman, G.H. Thompson, C. Poe-Kochert // *Spine.* – 2003. – N 28. – P. 2381–2385. – [discussion 2385].
89. Ilharreborde, B. Sagittal balance and idiopathic scoliosis: does final sagittal alignment influence outcomes, degeneration rate or failure rate? / B. Ilharreborde // *Eur Spine J.* – 2018. – N 27(Suppl 1). – P. 48–58. – Epub 2018 Jan 24.
90. Ilharreborde, B. Use of EOS imaging for the assessment of scoliosis deformities: application to postoperative 3D quantitative analysis of the trunk / B. Ilharreborde, J. Dubousset, J.C. Le Huec // *Eur Spine J.* – 2014. – N 23(Suppl 4). – P. S397–S405.
91. Ilharreborde, B. Selective versus hyperselective posterior fusions in Lenke 5 adolescent idiopathic scoliosis: comparison of radiological and clinical outcomes / B. Ilharreborde, E. Ferrero, A. Angelliaume, Y. Lefèvre, F. Accadbled,

A.L. Simon, J.S. de Gauzy, K. Mazda // *Eur Spine J.* – 2017. – Vol. 26. – N 6. – P. 1739–1747.

92. Illés, T. Breakthrough in three-dimensional scoliosis diagnosis: significance of horizontal plane view and vertebra vectors / T. Illés, M. Tunyogi-Csapó, S. Somoskeöy // *Eur Spine J.* – 2011. – Vol. 20. – N 1. – P. 135–143.

93. Ishida, Y. Delayed vertebral slip and adjacent disc degeneration with an isthmic defect of the fifth lumbar vertebra / Y. Ishida, K. Ohmori, H. Inoue, K. Suzuki // *J Bone Joint Surg Br.* – 1999. – Volo. 81. – N 2. – 240–244.

94. Kasliwal, M.K. An analysis of sagittal spinal alignment following long adult lumbar instrumentation and fusion to L5 or S1: can we predict ideal lumbar lordosis? / M.K. Kasliwal, J.S. Smith, C.I. Shaffrey, D. Saulle, L.G. Lenke, Y.J. Kim, K.H. Bridwell, L.G. Lenke, S. Rhim, G. Cheh // *Spine.* – 2006. – Vol. 31. – N 20. – P. 2343–2352.

95. Kim, Y.J. Proximal junctional kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis after 3 different types of posterior segmental spinal instrumentation and fusions: incidence and risk factor analysis of 410 cases / Y.J. Kim, L.G. Lenke, K.H. Bridwell, J. Kim, S.K. Cho, G. Cheh, J. Yoon // *Spine (Phila Pa 1976).* – 2007. – Vol. 32. – N 24. – P. 2731–2738.

96. Kramers-de Quervain, I.A. Gait analysis in patients with idiopathic scoliosis / I.A. Kramers-de Quervain, R. Müller, A. Stacoff, D. Grob, E. Stüssi // *Eur. Spine J.* – 2004. – Vol. 13. – N 5. – P. 449–456. – DOI: 10.1007/s00586-003-0588-x.

97. Krutko, A.V. Surgical treatment of lower lumbar spine pathology in children and adolescents / A.V. Krutko, A.J. Sanginov, M.B. Giers, A.A. Alshevskaya, A.V. Moskalev // *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery.* – 2018. – Vol. 6. – N 4. – P. 37–47.

98. Kubat, O. Frontal and sagittal imbalance in patients with adolescent idiopathic deformity / O. Kubat, D. Ovadia // *Ann Transl Med.* – 2019. – Vol. 8. – N 2. – P. 29–29.

99. La Maida, G.A. Sagittal balance in adolescent idiopathic scoliosis: Radiographic study of spino-pelvic compensation after surgery / La Maida G.A., Zottarelli L., Mineo G.V., Misaggi B. // *Eur. Spine J.* – 2013. – Vol. 22. – N 6. – P. 859–867.

100. Labelle, H. Spino-pelvic sagittal balance of spondylolisthesis: a review and classification / H. Labelle, J.M. Mac-Thiong, P. Roussouly // *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society.* – 2011. – Vol. 20. – Suppl 5. – P. 641–646.

101. Labelle, H. Spondylolisthesis, pelvic incidence, and spinopelvic balance: a correlation study / H. Labelle, P. Roussouly, E. Berthonnaud, E. Transfeldt, M. O'Brien, D. Chopin // *Spine (Phila Pa 1976).* – 2004. – Vol. 29. – N 18. – P. 2049–2054. – PMID: 15371707.

102. Lafage, R. Natural head posture in the setting of sagittal spinal deformity: validation of chin-brow vertical angle, slope of line of sight, and McGregor's slope with health-related quality of life / R. Lafage, V. Challier, B. Liabaud, S. Vira, E. Ferrero, B.G. Diebo, S. Lui, J.M. Vital, K. Mazda, T.S. Protopsaltis, T.J. Errico, F.J. Schwab, V. Lafage // *Neurosurgery.* – 2015. – Vol. 79. – N 1. – P. 108–115.

103. Lamartina. C. Classification of sagittal imbalance based on spinal alignment and compensatory mechanisms / C. Lamartina, P. Berjano // *Eur Spine J.* – 2014. – Vol. 23. – N 6. – P. 1177–1189.

104. Lastikka, M. Comparison of Circular and Sagittal Reinforced Rod Options on Sagittal Balance Restoration in Adolescents Undergoing Pedicle Screw Instrumentation for Idiopathic Scoliosis / M. Lastikka, H. Oksanen, L. Helenius, O. Pajulo, I. Helenius // *World Neurosurg.* – 2019. – N 127. – P. e1020–e1025. – DOI: 10.1016/j.wneu.2019.04.028. – Epub 2019 Apr 14.

105. Laurent, L.E. Spondylolisthesis in children and adolescents / L.E. Laurent, S. Einola // *Acta Orthop Scand.* – 1961. – N 31. – P. 45–64.

106. Lavelle, W.F. Fifteen to twenty-five year functional outcomes of twenty-two patients treated with posterior Cotrel-Dubousset type instrumentation: a limited but detailed review of outcomes / W.F. Lavelle, A.A. Beltran, A.L. Carl, R.L. Uhl, K. Hesham, S.A. Albanese // *Scoliosis Spinal Disord.* – 2016. – Vol. 8. – N 11. – P. 18.

107. Le Huec, J.C. Sagittal imbalance cascade for simple degenerative spine and consequences: algorithm of decision for appropriate treatment / J.C. Le Huec, S. Charosky, C. Barrey, J. Rigal, S. Aunoble // *Eur Spine J.* – 2011. – N 20(Suppl 5). – P. 699–703.

108. Lee, C.S. Analysis of sagittal spinal alignment in 181 asymptomatic children / C.S. Lee, H. Noh, D.H. Lee, C.J. Hwang, H. Kim, S.K. Cho // *J Spinal Disord Tech.* – 2012. – Vol. 25. – N 8. – P. E259-263. – DOI: 10.1097/BSD.0b013e318261f346.

109. Legaye, J. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves / J. Legaye, G. Duval-Beaupère, J. Hecquet, C. Marty // *Eur Spine J.* – 1998. – Vol. 7. – N 2. – P. 99–103.

110. Lenke, L.G. Lenke classification system of adolescent idiopathic scoliosis: treatment recommendations / L.G. Lenke // *Instr Course Lect.* – 2005. – N 54. – P. 537–542.

111. Lerner, T. Scoliosis in young men with spondylolysis or spondylolisthesis. A comparative study in symptomatic and asymptomatic subjects / T. Lerner, W. Frobin, V. Bullmann, T. Schulte, P. Brinckmann, E. Libson, R.A. Bloom, Y. Shapiro // *Spine (Phila Pa 1976).* – 1984. – Vol. 9. – N 5. – P. 445–447.

112. Liljenqvist, U. Changes in disc height and posteroanterior displacement after fusion in patients with idiopathic scoliosis: a 9-year follow-up study / U. Liljenqvist // *J Spinal Disord Tech.* – 2007. – Vol. 20. – N 3. – P. 195–202.

113. Lonner, B.S. Patient outcomes in the operative and nonoperative management of high-grade spondylolisthesis in children / B.S. Lonner, Y. Ren, P.O. Newton, S.A. Shah, A.F. Samdani, K.M. Lundine, S.J. Lewis, Z. Al-Aubaidi, B. Alman, A.W. Howard // *J Pediatr Orthop.* – 2014. – Vol. 34. – N 5. – P. 483.

114. Mac-Thiong, J.M. Sagittal spinopelvic balance in normal children and adolescents / J.M. Mac-Thiong, H. Labelle, E. Berthonnaud // *Eur Spine J.* – 2007. – Vol. 16. – N 2. – P. 227–234. – DOI: 10.1007/s00586-005-0013-8.
115. McPhee, I.B. Scoliosis in symptomatic spondylolisthesis / I.B. McPhee, J.P. O'Brien // *J Bone Joint Surg Br.* – 1980. – Vol. 62-B. – N 2. – P. 155–157.
116. Mehta, V.A. Implications of spinopelvic alignment for the spine surgeon / V.A. Mehta, A. Amin, I. Omeis, Z.L. Gokaslan, O.N. Gottfried // *Neurosurgery.* – 2015. – N 76 (Suppl 1). – S42–56.
117. Misaghi, A. Defining the “three-dimensional sagittal plane” in thoracic adolescent idiopathic scoliosis / A. Misaghi, P.O. Newton, T. Fujimori, J. Doan, F.G. Reighard, T.P. Bastrom // *J Bone Jt Surg Am.* – 2015. – Vol. 97. – N 20. – P. 1694–1701.
118. Mok, F.P. Modic changes of the lumbar spine: prevalence, risk factors, and association with disc degeneration and low back pain in a large-scale population-based cohort / F.P. Mok, D. Samartzis, J. Karppinen // *Spine J.* – 2016. – Vol. 16. – N 1. – P. 32–41. – <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2015.09.060>.
119. Nieminen, L.K. Prognostic factors for pain chronicity in low back pain: a systematic review / L.K. Nieminen, L.M. Pyysalo, M.J. Kankaanpää // *Pain Rep.* – 2021. – Vol. 6. – N 1. – P. e919. – DOI: 10.1097/PR9.0000000000000919.
120. Nolte, M.T. Sagittal Balance in Adult Idiopathic Scoliosis / M.T. Nolte, P.K. Louie, G.K. Harada, J.M. Khan, J. Ferguson, C.J. Dewald, H.S. An // *Clin Spine Surg.* – 2020. – Vol. 33. – N 2. – P. 53–61. DOI: 10.1097/BSD.0000000000000940.
121. Ozkunt, O. Analysing the change of sagittal balance in patients with Lenke 5 idiopathic scoliosis / O. Ozkunt, G. Karademir, K. Sariyilmaz, H.C. Gemalmaz, F. Dikici, U. Domanic // *Acta Orthop Traumatol Turc.* – 2017. – Vol. 51. – N 5. – P. 377-380. – DOI: 10.1016/j.aott.2017.08.002. – Epub 2017 Sep 8. – PMID: 28889983.
122. Parenteau, C.S. Prevalence of spine degeneration diagnosis by type, age, gender, and obesity using Medicare data / C.S. Parenteau, E.C. Lau, I.C.

Campbell // *Sci Rep.* – 2021. – Vol. 11. – N 1. – P. 5389. – <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84724-6>.

123. Park, H.J. Analysis of coordination between thoracic and pelvic kinematic movements during gait in adolescents with idiopathic scoliosis / H.J. Park, T. Sim, S.W. Suh, J.H. Yang, H. Koo, J.H. Mun // *Eur. Spine J.* – 2016. – Vol. 25. – N 2. – P. 385-393. – DOI: 10.1007/s00586-015-3931-0.

124. Parvaresh, K.C. Analysis of acetabular ossification from the triradiate cartilage and secondary centers / K.C. Parvaresh, A.T. Pennock, J.D. Bomar, D.R. Wenger, V.V. Upasani // *J Pediatr Orthop.* – 2018. – N 38. – P. e145–50.

125. Paul, J.C. Gait stability improvement after fusion surgery for adolescent idiopathic scoliosis is influenced by corrective measures in coronal and sagittal planes / J.C. Paul, A. Patel, K. Bianco, E. Godwin, Q. Naziri, S. Maier, V. Lafage, C. Paulino, T.J. Errico // *Gait Posture.* – 2014. – Vol. 40. – N 4. – P. 510-515. – DOI: 10.1016/j.gaitpost.2014.06.006. – Epub 2014 Jun 24. – PMID: 25023225.

126. Paulo Alvim Borges, P.A. A comparative study of sagittal balance in patients with neuromuscular scoliosis / P.A. Paulo Alvim Borges, F.G. Benites Zelada, T.F. dos Santos Barros, O.G. Letaif, I.D. da Rocha, R.M. Marcon, A.F. Cristante, T.E. Pessoa Barros-Filho // *Clinics.* – 2017. – Vol. 72. – N 8. – P. 481–484.

127. Faraj S.S. De novo degenerative lumbar scoliosis: a systematic review of prognostic factors for curve progression / S.S. Faraj, R.M. Holewijn, M.L. van Hooff, M. de Kleuver, F. Pellisé, T.M. Haanstra // *Eur Spine J.* – 2016. – Vol. 25. – N 8. – P. 2347–2358.

128. Peng, L. Prediction of Proximal Junctional Kyphosis After Posterior Scoliosis Surgery with Machine Learning in the Lenke 5 Adolescent Idiopathic Scoliosis Patient / L. Peng, L. Lan, P. Xiu, G. Zhang, B. Hu, X. Yang, Y. Song, X. Yang, Y. Gu, R. Yang, X. Zhou // *Front Bioeng Biotechnol.* – 2020. – Vol. 8. – P. 559387.

129. Pérez-Grueso, F.S. (2000) The low lumbar spine below Cotrel-Dubousset instrumentation: long-term findings / F.S. Pérez-Grueso, N. Fernández-

Baíllo, S. Arauz de Robles, A. García Fernández // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2000. – Vol. 25. – N 18. – P. 2333–2341.

130. Périé D. Effect of pathology type and severity on the distribution of MRI signal intensities within the degenerated nucleus pulposus: application to idiopathic scoliosis and spondylolisthesis / D. Périé, D. Curnier // *BMC Musculoskelet Disord*. – 2010. – N 11. – P. 189.

131. Peterson, J.B. Asymmetric spondylolisthesis as the cause of childhood lumbar scoliosis-can new imaging modalities help clarify the relationship? / J.B. Peterson, D.R. Wenger // *Iowa Orthop J*. – 2008. – N 28. – 65–72.

132. Pink, P. Scoliosis and spondylolisthesis in children and adolescents / P. Pink, C. Tschauner // *Padiatr Padol*. – 1992. – Vol. 27. – N 5. – A65–74.

133. Pneumaticos, S.G. Scoliosis associated with lumbar spondylolisthesis: a case presentation and review of the literature / S.G. Pneumaticos, S.I. Esses // *Spine J*. – 2003. – Vol. 3. – N 4. – P. 321–324.

134. Polly, D.W. Jr. Short-term complications associated with surgery for high-grade spondylolisthesis in adults and pediatric patients: a report from the scoliosis research society morbidity and mortality database / D.W. Polly Jr, C.P. Ames, J.H. Perra // *Neurosurgery*. – 2012. – Vol. 71. – 1. – P. 109–116.

135. Ponseti, I.V. Growth and development of the acetabulum in the normal child. Anatomical, histological, and roentgenographic studies / I.V. Ponseti // *J Bone Joint Surg Am*. – 1978. – N 60. – P. 575–585.

136. Ramirez, N. The prevalence of back pain in children who have idiopathic scoliosis / N. Ramirez, C.E. Johnston, R.H. Browne // *J Bone Joint Surg Am*. – 1997. – Vol. 79. – N 3. – P. 364–368.

137. Ries, Z. Thoracolumbar kyphoscoliosis with unilateral subluxation of the spine and postoperative lumbar spondylolisthesis in Hunter syndrome / Z. Ries, B. Harpole, C. Graves, G. Gnanapragasam, N. Larson, S.B. Roberts, A.I. Tsirikos // *J Neurosurg Spine*. – 2016. – Vol. 24. – N 3. – P. 402–406.

138. Rose, P.S. Role of pelvic incidence, thoracic kyphosis, and patient factors on sagittal plane correction following pedicle subtraction osteotomy / P.S.

Rose, K.H. Bridwell, L.G. Lenke, G.A. Cronen, D.S. Mulconrey, D.S. Buchowski, Y.J. Kim // *Spine*. – 2009. – Vol. 34. – No 8. – P. 785-791. – DOI: 10.1097/BRS.0b013e31819d0c86.

139. Rossi, F. Lumbar spondylolysis and sports. The radiological findings and statistical considerations / F. Rossi, S. Dragoni // *Radiol Med*. – 1994. – Vol. 87. – N 4. – P. 397–400. Italian.

140. Roussouly, P. 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*. – 2005. – Vol. 30. – N 3. – P. 346–353.

141. Roussouly, P. Pre- and post-operative sagittal balance in idiopathic scoliosis: a comparison over the ages of two cohorts of 132 adolescents and 52 adults / P. Roussouly, H. Labelle, J. Rouissi, A. Bodin // *Eur Spine J*. – 2013. – N 22(Suppl 2). – S203–S215.

142. Rudman, E. Lateral lumbar interbody fusion for the correction of spondylolisthesis and adult degenerative scoliosis in high-risk patients: early radiographic results and complications / E. Rudman, J. Zavatsky // *Ochsner J*. – 2014. – Vol. 14. – N 1. – P. 23–31.

143. Rushton, P.R. What is the effect of surgery on the quality of life of the adolescent with adolescent idiopathic scoliosis? A review and statistical analysis of the literature / P.R. Rushton, M.P. Grevitt // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2013. – Vol. 38. – N 9. – P. 786–794.

144. Schizas, C.G. Gait asymmetries in patients with idiopathic scoliosis using vertical forces measurement only / C.G. Schizas, I.A. Kramers-de Quervain, E. Stüssi, D. Grob // *Eur Spine J*. – 1998. – Vol. 7. – N 2. – P. 95–98. – DOI: 10.1007/s005860050037. PMID: 9629931.

145. Schlösser, T.P.C. Differences in early sagittal plane alignment between thoracic and lumbar adolescent idiopathic scoliosis / T.P.C. Schlösser, S.A. Shah, S.J. Reichard, K. Rogers, K.L. Vincken, R.M. Castelein // *Spine J*. 2014. vol. 14. no. 2. P. 282–290

146. Schwab, F. Adult spinal deformity-postoperative standing imbalance: how much can you tolerate? An overview of key parameters in assessing alignment and planning corrective surgery / F. Schwab, A. Patel, B. Ungar, J.P. Farcy, V. Lafage // *Spine*. – 2010. – Vol. 35. – N 25. – P. 2224–2231. – DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181ee6bd4.

147. Schwab, F. Gravity Line Analysis in Adult Volunteers Age-Related Correlation With Spinal Parameters, Pelvic Parameters, and Foot Position / F. Schwab, V. Lafage, R. Boyce // *Spine*. – 2006. – Vol. 31. – N 25. – P. E959–E967.

148. Sevrain, A. Biomechanical evaluation of predictive parameters of progression in adolescent isthmic spondylolisthesis: a computer modeling and simulation study / A. Sevrain, C.E. Aubin, H. Gharbi, X. Wang, H. Labelle // *Scoliosis*. – 2012. – Vol. 7. – N 1. – P. 2.

149. Shufflebarger, H. () Did the Lenke classification change scoliosis treatment? / H. Shufflebarger, Harms Study Group // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2011. – Vol. 36. – N 14. – P. 1142–1145.

150. Shufflebarger, H.L. Risk factors of proximal junctional kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis-the pelvis and other considerations / H.L. Shufflebarger, J. Asghar, P. Sponseller, R.R. Betz, B. Yaszay // *Spine Deform*. – 2017. – Vol. 5. – N 3. – P. 181–188.

151. Smith, J.S. The management of high-grade spondylolisthesis and co-existent late-onset idiopathic scoliosis / J.S. Smith, C.I. Shaffrey, S. Berven, S. Glassman, C. Hamill, A. Srivastava, E. Bayley, B.M. Boszczyk // *Eur Spine J*. – 2016. – Vol. 25. – N 10. – P. 3027–3031.

152. Stagnara, P. Reciprocal angulation of vertebral bodies in a sagittal plane: approach to references for the evaluation of kyphosis and lordosis / P. Stagnara, J.C. De Mauroy, G. Dran, G.P. Gonon, G. Costanzo, J. Dimnet, A. Pasquet // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 1982. – Vol. 7. – N 4. – P. 335–342. – DOI: 10.1097/00007632-198207000-00003.

153. Takayama, K. Low back pain in patients treated surgically for scoliosis: longer than sixteen-year follow-up / K. Takayama, H. Nakamura, H. Matsuda // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2009. – Vol. 34. – N 20. – P. 2198–2204.
154. Taylor, L.J. Severe spondylolisthesis and scoliosis in association with Marfan's syndrome. Case report and review of the literature / L.J. Taylor // *Clin Orthop Relat Res*. – 1987. – N 221. – P. 207–211.
155. Teraguchi, M. Progression, incidence, and risk factors for intervertebral disc degeneration in a longitudinal population-based cohort: The Wakayama Spine Study / M. Teraguchi, N. Yoshimura, H. Hashizume // *Osteoarthritis Cartilage*. – 2017. – Vol. 25. – N 7. – P. 1122–1131. – <https://doi.org/10.1016/j.joca.2017.01.001>.
156. Tringali, M. Developmental study identifies the ages at which the processes involved in the perception of verticality and in postural stability occur / M. Tringali, S. Wiener-Vacher, M.P. Bucci // *Acta Paediatr Oslo Nor*. – 2017. – N 106. – P. 55–60.
157. Tsirikos, A.I. Radiographic and functional outcome of posterolateral lumbosacral fusion for low grade isthmic spondylolisthesis in children and adolescents / A.I. Tsirikos, A. Sud, S.M. McGurk // *Bone Joint J*. – 2016. – Vol. 98-B. – N 1. – P. 88–96.
158. Upasani, V.V. Sex differences in cartilage topography and orientation of the developing acetabulum: implications for hip preservation surgery / V.V. Upasani // *Clin Orthop*. – 2015. – N 473. – P. 2489–2494.
159. Vialle, R. Sagittal spino-pelvic adjustment in severe Lenke 1 hypokyphotic adolescent idiopathic scoliosis patients / R. Vialle, N. Levassor, L. Rillardon, A. Templier, W. Skalli, C. Vidal, K. Mazda, B. Ilharreborde // *Eur Spine J*. – 2016. – Vol. 25. – N 10. – P. 3162–3169.
160. Waddell, B. Selective thoracic fusion of Lenke I and II curves affects sagittal profiles but not sagittal or spinopelvic alignment: a case-control study / B. Waddell, D. Briski, R. Qadir, G. Godoy, A.H. Houston, S. Weintstein, S.A. Mendoza-Lattes // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2015. – Vol. 40. – N 12. – P. 926–934.

161. Weiss, H.R. Brace treatment of spinal claudication in an adolescent with a grade IV spondylosisthesis – a case report / H.R. Weiss, R. Dallmayer // *Stud Health Technol Inform.* – 2006. – N 123. – P. 590–593.

162. Whitesides, T.E. Spondylolytic spondylolisthesis: a study of pelvic and lumbosacral parameters of possible etiologic effect in two genetically and geographically distinct groups with high occurrence / T.E. Whitesides, W.C. Horton, W.C. Hutton, L. Hodges // *Spine.* – 2005. – N 30. – S12–21.

163. Winter, R.B. Ultra-long-term follow-up of pediatric spinal deformity problems: 23 patients with a mean follow-up of 51 years / R.B. Winter, J.E. Lonstein // *J Orthop Sci.* – 2009. – Vol. 14. – N 2. – P. 132–137.

164. Wong, A.Y.L. Low back pain in older adults: risk factors, management options and future directions / A.Y.L. Wong, J. Karppinen, D. Samartzis // *Scoliosis Spinal Disord.* – 2017. – N 12. – P. 14. – <https://doi.org/10.1186/s13013-017-0121-3>.

165. Xue. X. Surgical Versus Nonsurgical Treatment for High-Grade Spondylolisthesis in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis / X. Xue, X. Wei, L. Li // *Medicine (Baltimore).* – 2016. – Vol. 95. – N 11. – P. e3070.

166. Yang, S. Low Back Pain in Adolescents: A 1-Year Analysis of Eventual Diagnoses / S. Yang, B.C. Werner, A. Singla, M.F. Abel // *J Pediatr Orthop.* – 2017. – Vol. 37. – N 5. – P. 344–347.

167. Zhang, W. Coexistence of multiple rare spinal abnormalities in type 1 neurofibromatosis: a case report and literature review / W. Zhang, H.L. Yang // *Int J Clin Exp Med.* – 2015. – Vol. 8. – N 10. – P. 17289–17294.

168. Zhao, C.M. Assessment of sagittal spinopelvic balance in a population of normal Chinese children / C.M. Zhao, W.J. Zhang, A.B. Huang, Q. Chen, Y.L. He, X.Y. Zhou, J. Zhao, B. Li // *Spine (Phila Pa 1976).* – 2020. – Vol. 45. – N 13. – P. E787-791. – DOI: 10.1097/BRS.0000000000003428.

169. Zhou, Z. Spontaneous resolution of scoliosis associated with lumbar spondylolisthesis / Z. Zhou, Y. Song, Q. Cai, Q. Kong // Spine J. – 2013. – Vol. 13. – N 5. – P. e7–10.

Динамика параметров баланса у пациентов со сколиозом I и III типов по Lenke до и после операции

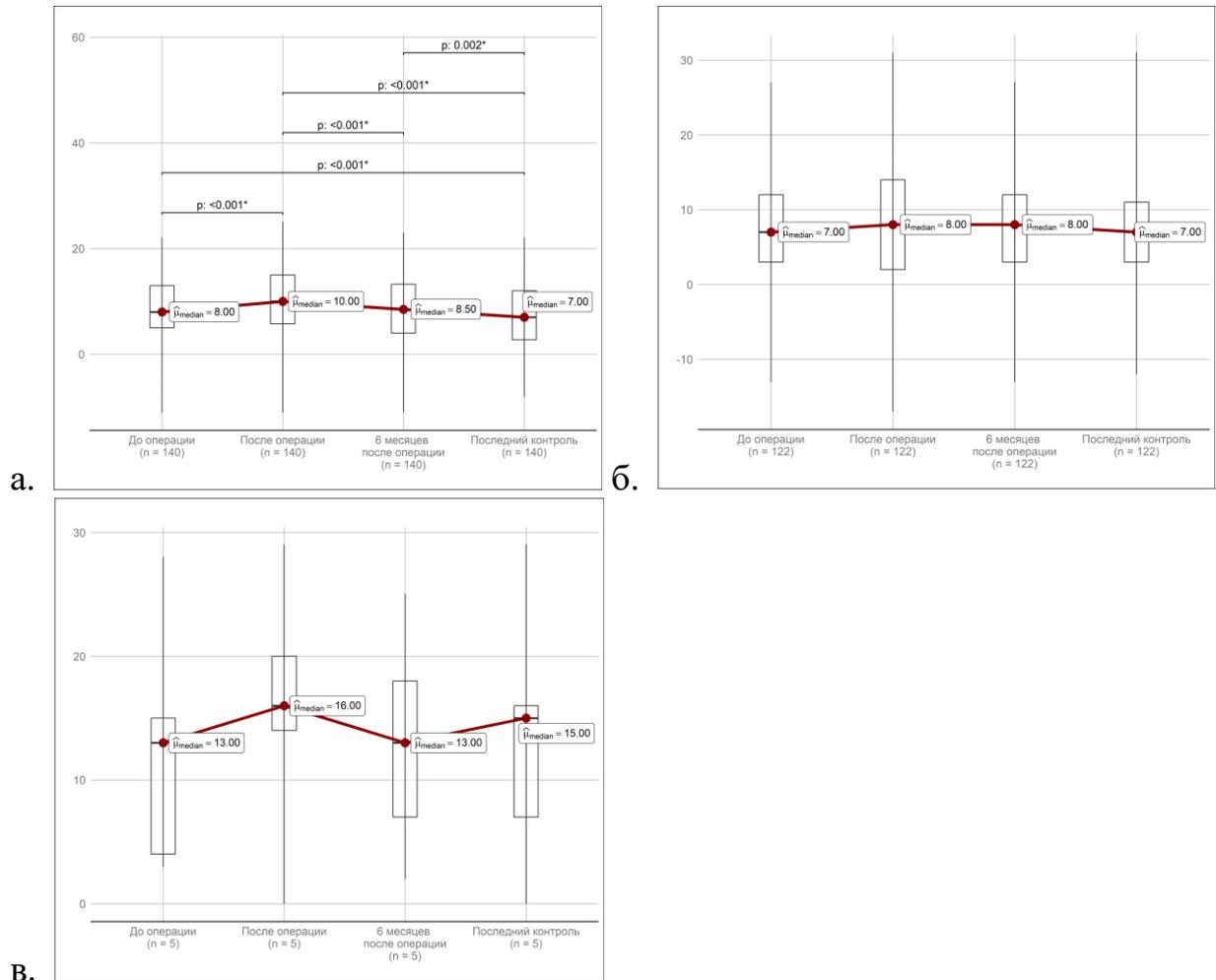


Рисунок 1 - Динамика параметра Pt для пациентов с фиксацией на уровне:
 а) L3 позвонка и выше; б) L4 позвонка; в) L5 позвонка

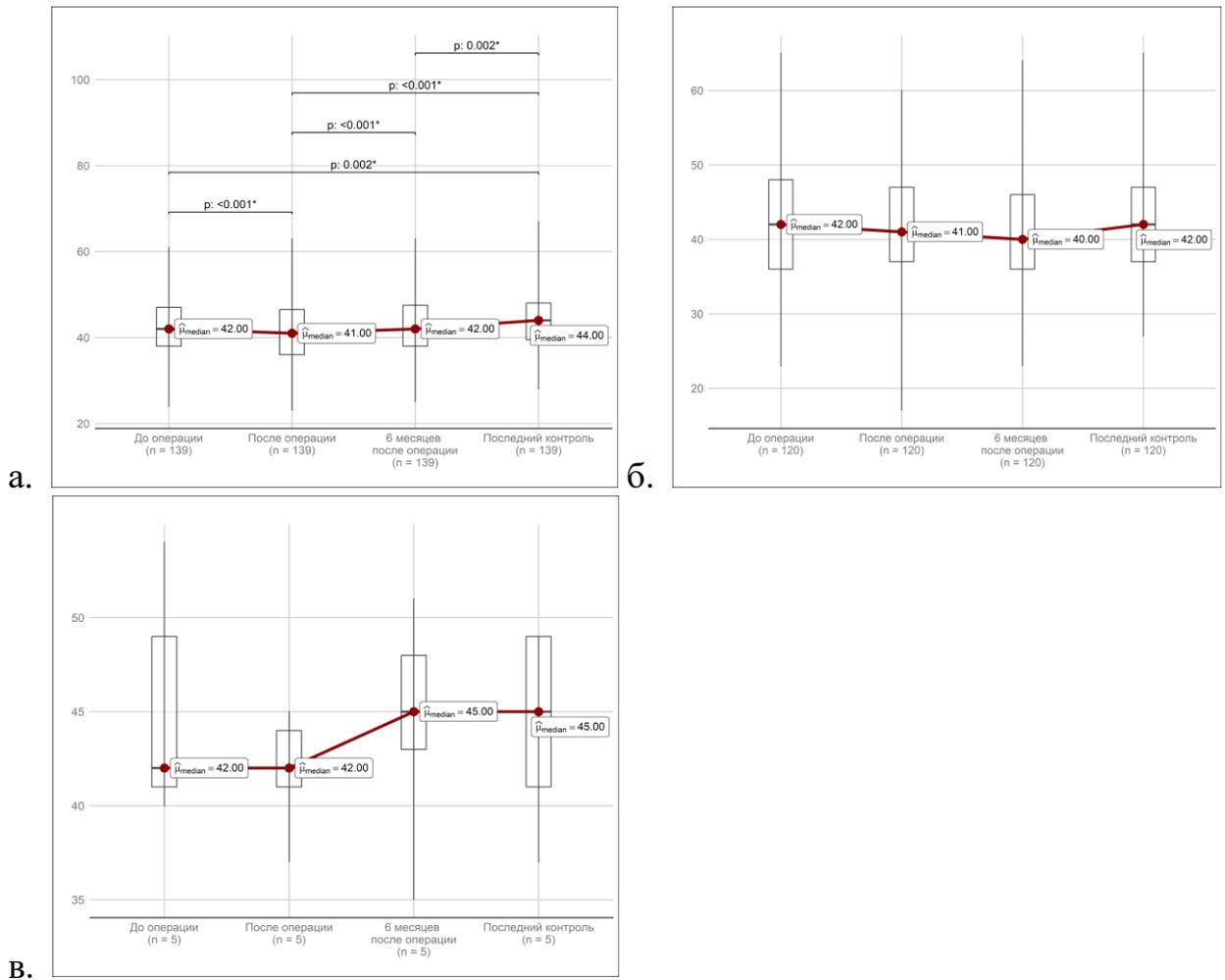


Рисунок 2 - Динамика параметра SS для пациентов с фиксацией на уровне:
 а) L3 позвонка и выше; б) L4 позвонка; в) L5 позвонка

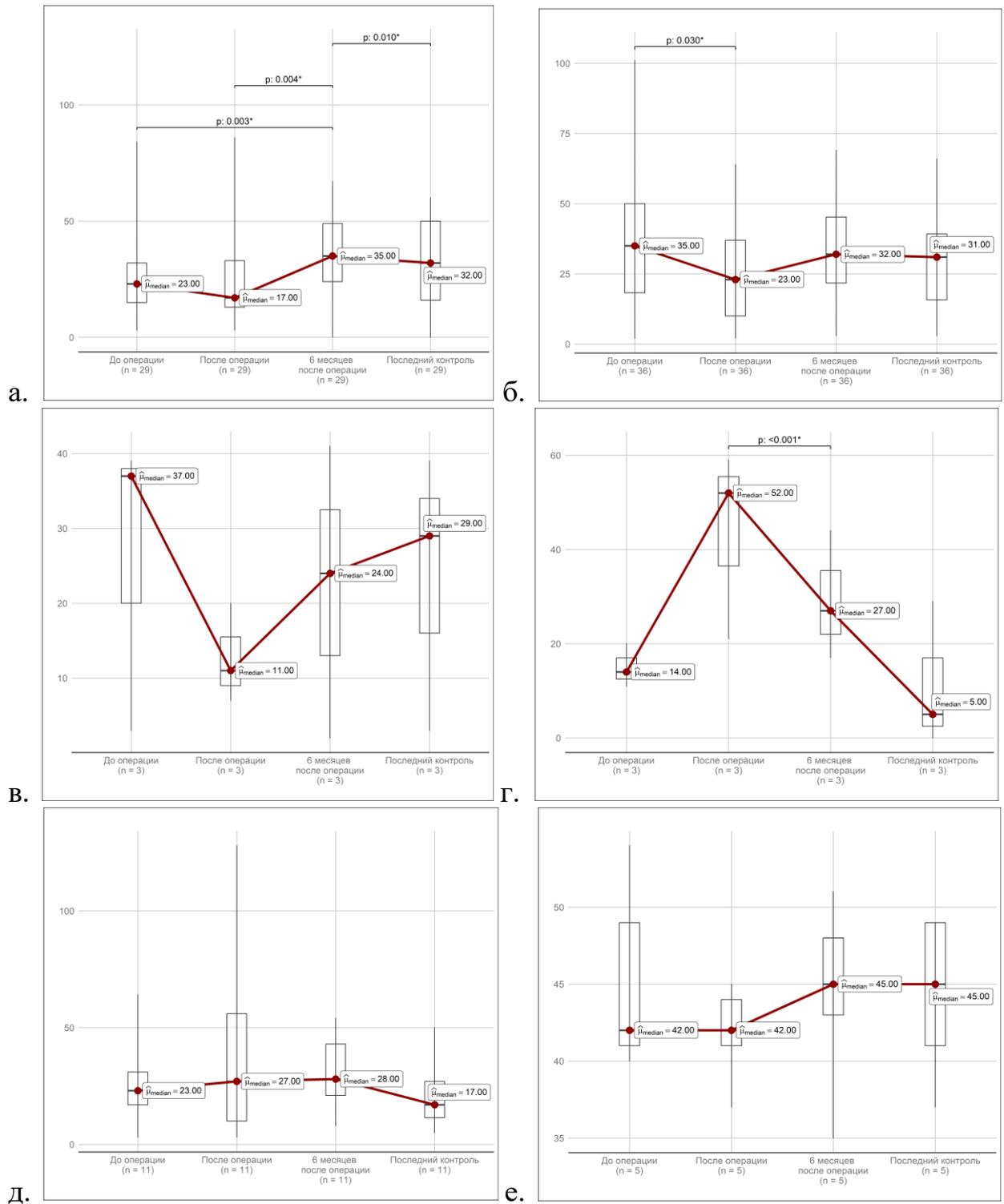


Рисунок 3 - Динамика параметра SVA для пациентов с фиксацией: а) на уровне L3 позвонка и выше (отрицательный SVA); б) на уровне L4 позвонка (отрицательный SVA); в) на уровне L5 позвонка (отрицательный SVA); г) на уровне L3 позвонка и выше (положительный SVA); д) на уровне L4 позвонка (положительный SVA); е) на уровне L5 позвонка (положительный SVA)

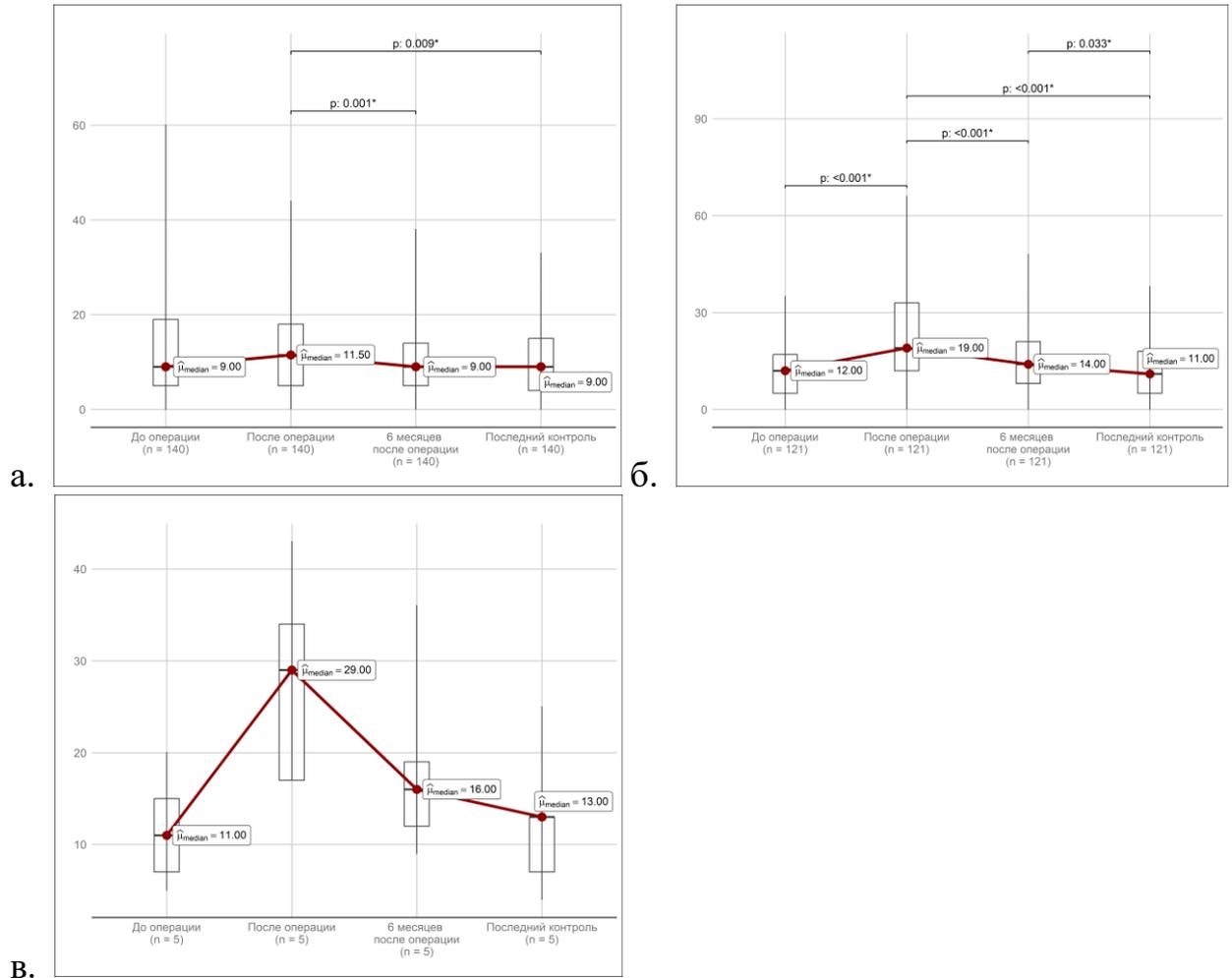
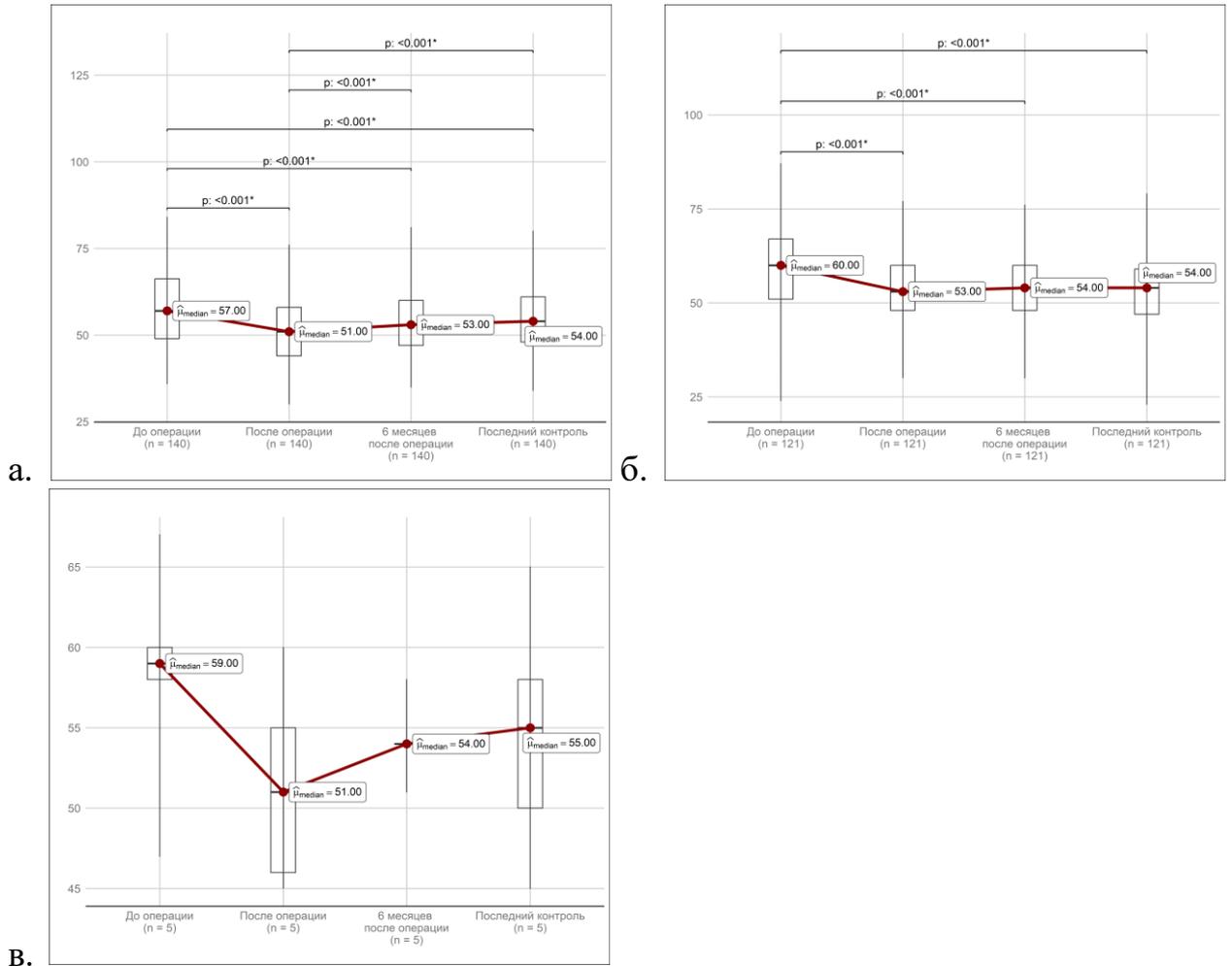
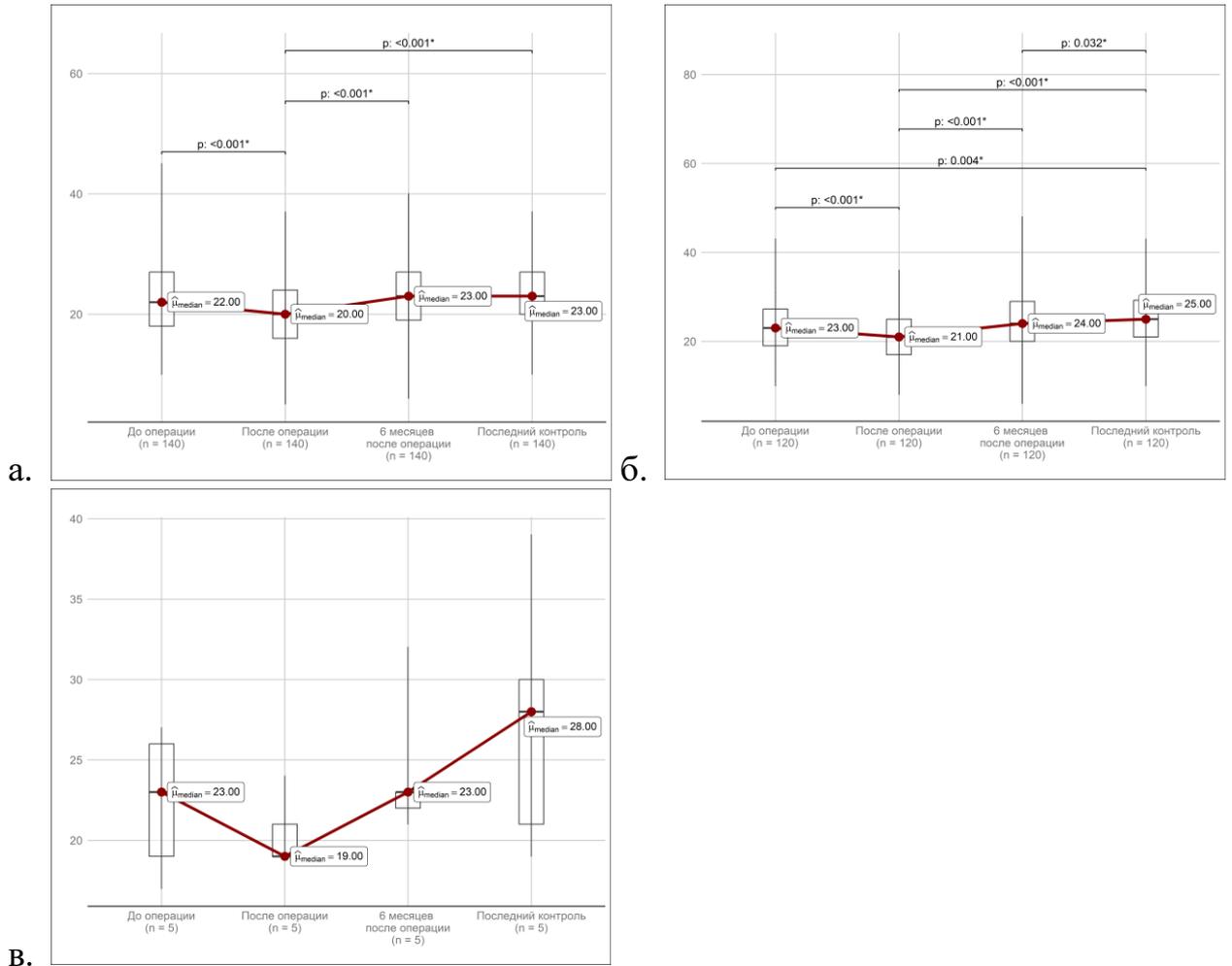


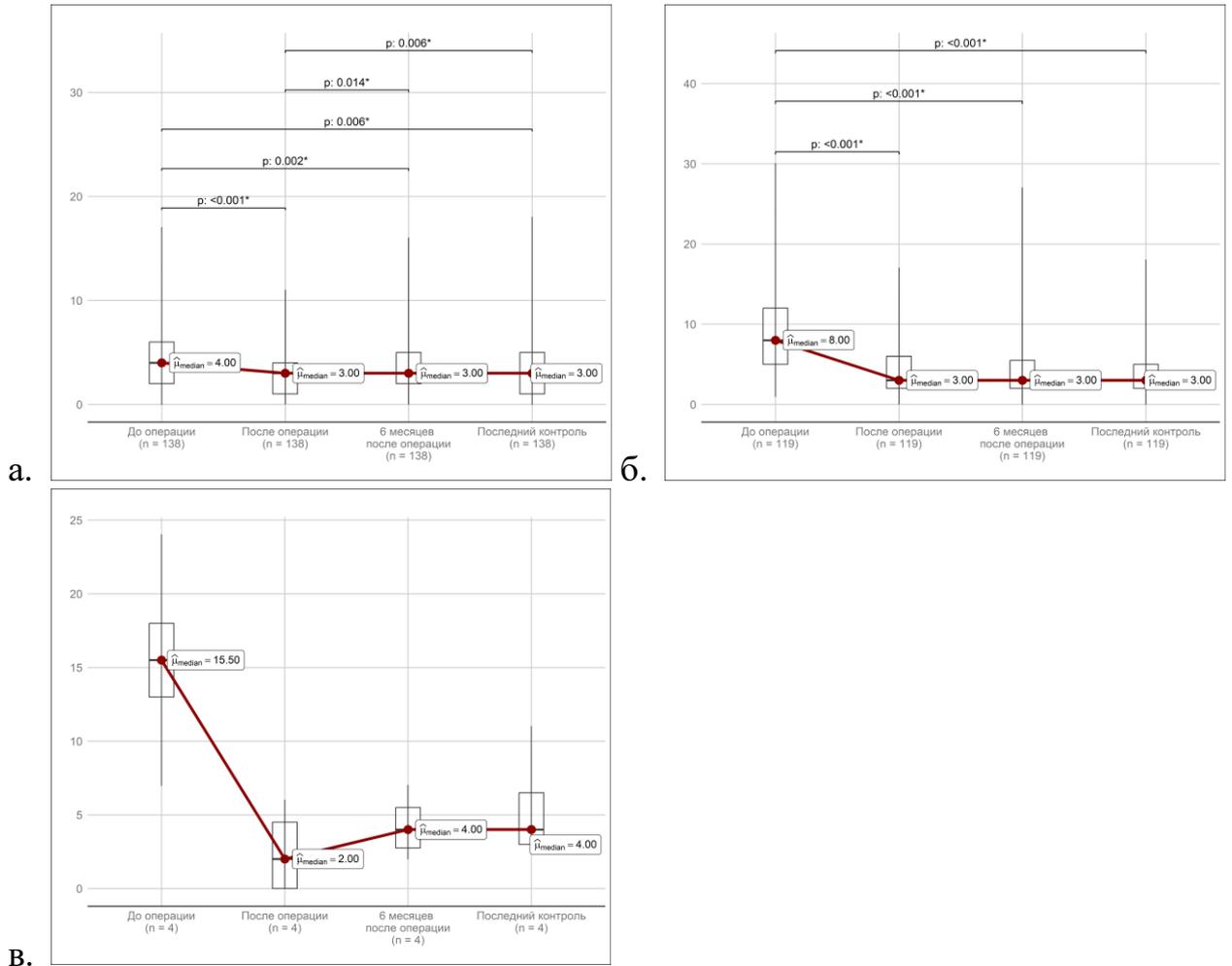
Рисунок 4 - Динамика параметра CSVL для пациентов с фиксацией на уровне: а) L3 позвонка и выше; б) L4 позвонка; в) L5 позвонка



в. Рисунок 5 - Динамика параметра LL для пациентов с фиксацией на уровне: а) L3 позвонка и выше; б) L4 позвонка; в) L5 позвонка



в. Рисунок 6 - Динамика угла L5-S1 для пациентов с фиксацией: а) на уровне L3 позвонка и выше; б) на уровне L4 позвонка; в) на уровне L5 позвонка



в. Рисунок 7 - Динамика угла наклона L5 позвонка для пациентов с фиксацией: а) на уровне L3 позвонка и выше; б) на уровне L4 позвонка; в) на уровне L5 позвонка

Динамика параметров баланса у пациентов со спондилолистезом до и после операции

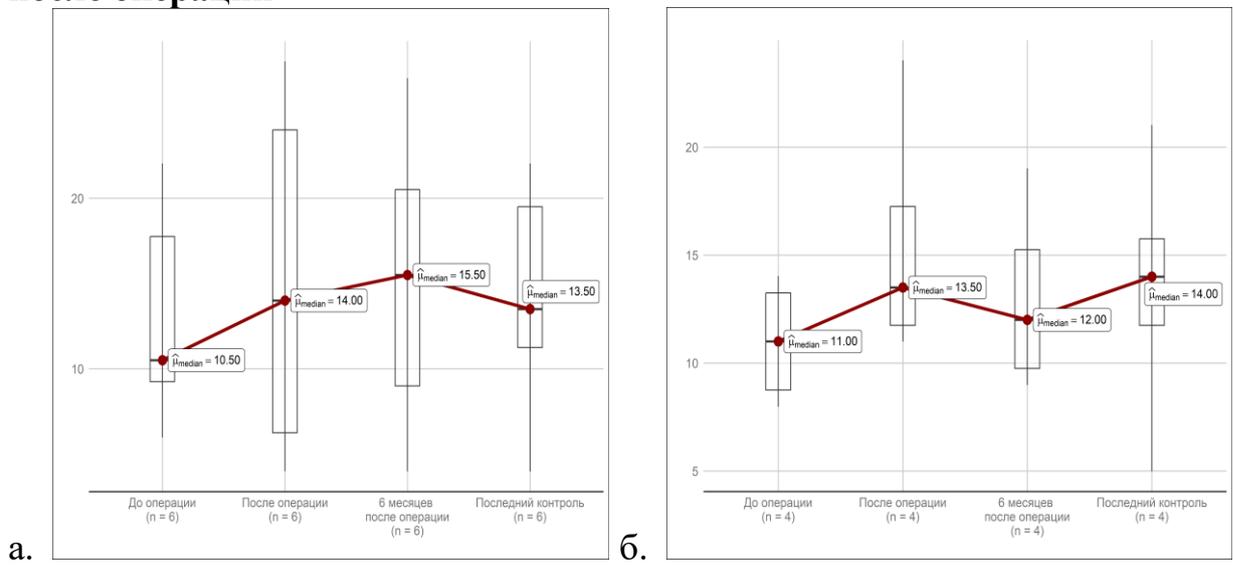


Рисунок 1 - Динамика параметра Pt для пациентов с фиксацией на уровне: а) L3 позвонка и выше; б) L4 позвонка

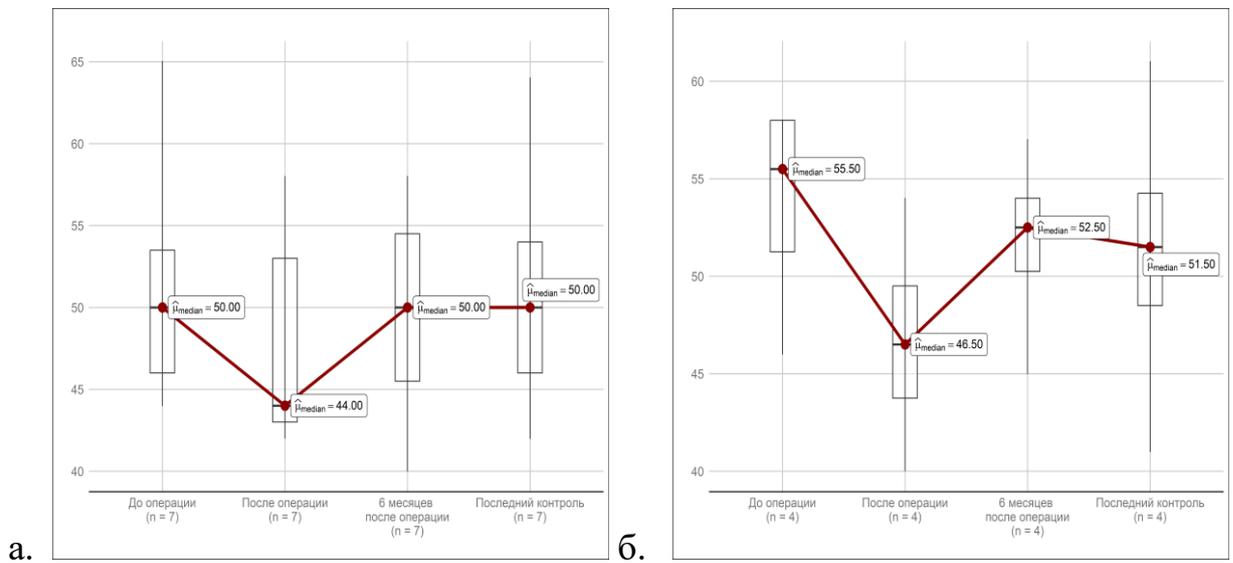


Рисунок 2 - Динамика параметра SS для пациентов с фиксацией на уровне: а) L3 позвонка и выше; б) L4 позвонка

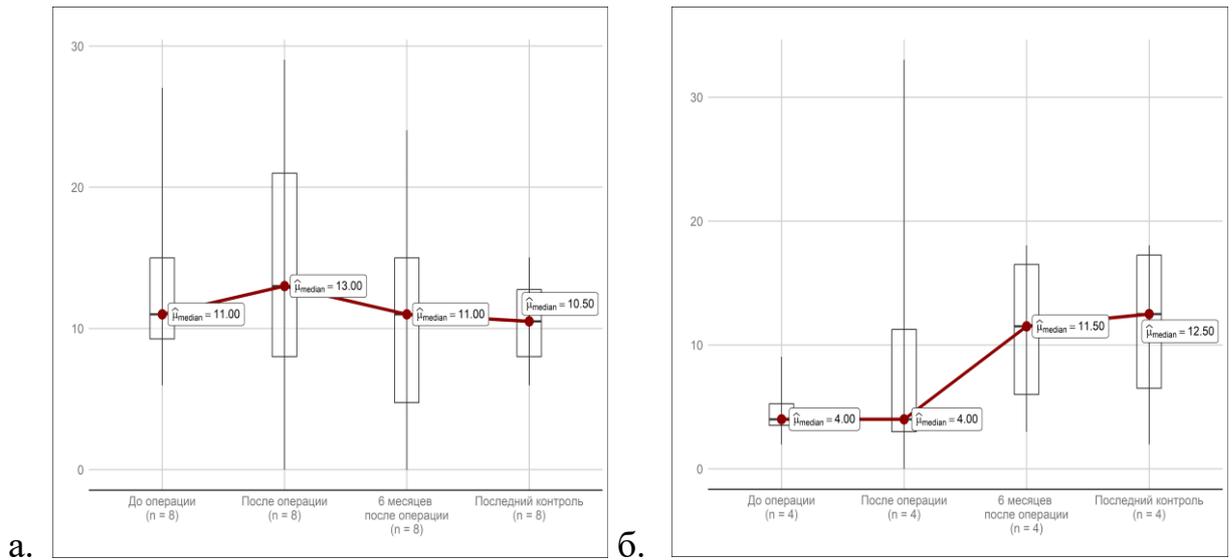


Рисунок 3 - Динамика параметра CSVL для пациентов с фиксацией на уровне: а) L3 позвонка и выше; б) L4 позвонка

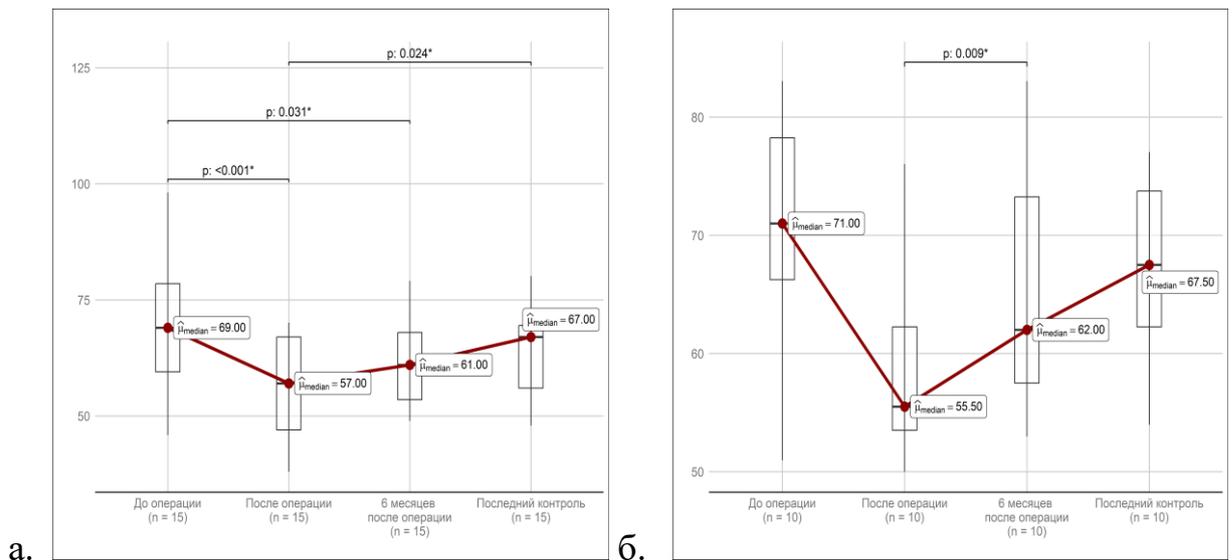


Рисунок 4 - Динамика параметра LL для пациентов с фиксацией на уровне: а) L3 позвонка и выше; б) L4 позвонка

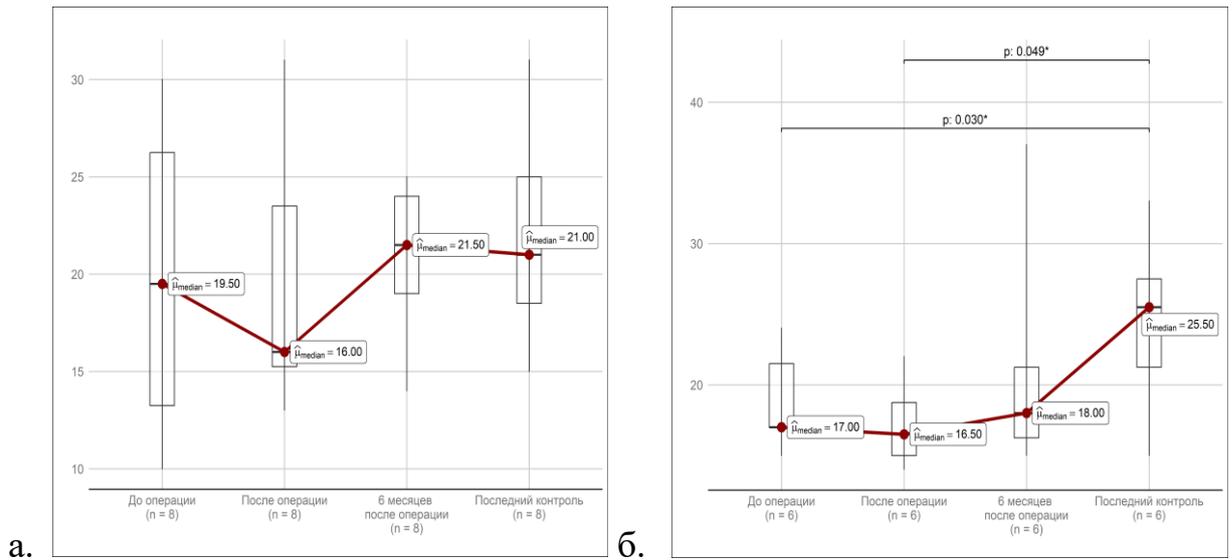


Рисунок 5 - Динамика угла L5-S1 для пациентов с фиксацией: а) на уровне L3 позвонка и выше; б) на уровне L4 позвонка

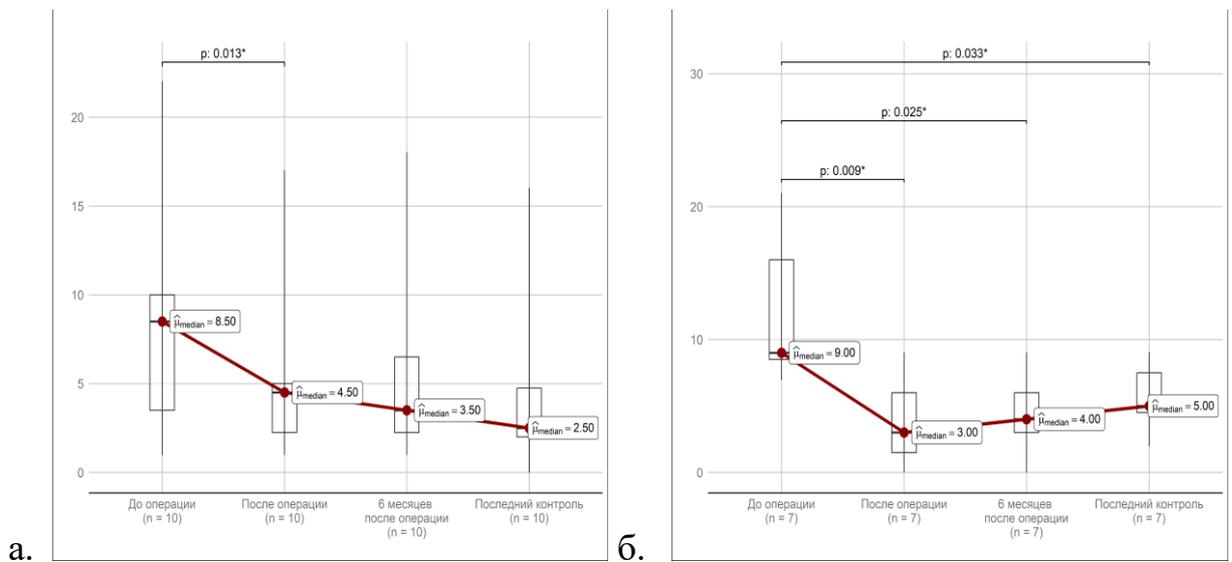


Рисунок 6 - Динамика угла наклона L5 позвонка для пациентов с фиксацией: а) на уровне L3 позвонка и выше; б) на уровне L4 позвонка