

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

*На правах рукописи*

РОМИНСКИЙ  
Сергей Петрович

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ  
С РИГИДНЫМИ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКИМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ  
ГРУДОПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

3.1.8. Травматология и ортопедия

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:  
д.м.н. профессор Д.А. Пташников

Санкт-Петербург

2024

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

<b>Введение</b>	6
<b>Глава 1. Состояние изучаемого вопроса по данным современной литературы</b>	15
1.1. Частота и распространенность травматического повреждения и посттравматических деформаций грудопоясничного отдела позвоночника	15
1.2. Патофизиологические особенности посттравматических деформаций грудопоясничного отдела позвоночника	18
1.3. Факторы, влияющие на развитие посттравматических деформаций в отдаленном периоде	21
1.4. Клинико-рентгенологические особенности пациентов с посттравматическими деформациями	24
1.4.1. Болевой синдром	24
1.4.2. Неврологический дефицит	26
1.5. Классификация посттравматических деформаций позвоночника	28
1.6. Выбор тактики лечения пациентов с посттравматическими деформациями позвоночника	30
1.7. Результаты хирургического лечения пациентов с посттравматическими деформациями позвоночника	35
1.8. Осложнения хирургического лечения пациентов с посттравматическими деформациями позвоночника	36
1.9. Резюме	38
<b>Глава 2. Материалы и методы исследования</b>	40
2.1. Структура и общая характеристика диссертационного исследования	40
2.1.1. Ретроспективный анализ	42
2.1.2. Проспективный анализ	44

2.2. Изучаемые явления	45
2.3. Методики обследования пациентов	46
2.3.1. Клинические методы	46
2.3.2. Лабораторные методы обследования	47
2.3.3. Рентгенография	48
2.3.4. Компьютерная томография	49
2.3.5. Магнитно-резонансная томография	50
2.3.6. Ультразвуковая диагностика	51
2.3.7. Оценочные шкалы	51
2.3.8. Анализ осложнений	53
2.4. Особенности предоперационного планирования	53
2.5. Техника оперативного вмешательства в группе комбинированного доступа	54
2.5.1. Вентральный этап	54
2.5.2. Дорсальный этап	56
2.5.3. Клинический пример двухэтапного оперативного лечения пациента с ригидной ПТД из комбинированного доступа	57
2.6. Техника оперативного вмешательства в группе дорсального доступа	62
2.6.1. Клинический пример оперативного лечения пациента с ригидной ПТД из дорсального доступа	64
2.7. Статистическая обработка полученных количественных данных	69
<b>Глава 3. Результаты лечения пациентов исследуемых групп</b>	<b>71</b>
3.1. Результаты лечения пациентов ретроспективных групп	71
3.1.1. Общая характеристика	71
3.1.2. Анализ рентгенологических параметров	75
3.1.3. Анализ клинико-неврологических проявлений	77
3.1.3.1. Анализ корреляции болевого синдрома и индекса нарушения жизнедеятельности	78

3.1.4. Анализ основных показателей раннего послеоперационного периода	79
3.1.5. Анализ рентгенологических параметров после оперативного лечения	80
3.1.6. Анализ корреляций остаточной кифотической деформации	82
3.1.7. Анализ динамики основных клинических проявлений	83
3.1.7.1. Оценка динамики болевого синдрома в спине	83
3.1.7.2. Оценка динамики качества жизни	84
3.1.8. Анализ основных осложнений хирургического лечения	85
3.1.8.1. Анализ основных осложнений периоперационного периода	85
3.1.8.2. Анализ основных осложнений отдаленного периода	87
3.1.9. Анализ факторов риска развития болевого синдрома в поясничном отделе	88
3.1.9.1. Корреляционный анализ болевого синдрома отдаленного послеоперационного периода	88
3.1.9.2. Логистический регрессионный анализ	90
3.1.9.3. ROC-анализ	91
3.2. Обсуждение полученных результатов	93
<b>Глава 4. Анализ результатов лечения пациентов проспективной группы и обоснование алгоритма выбора тактики хирургического лечения профильных пациентов</b>	<b>98</b>
4.1. Результаты лечения пациентов проспективной группы	98
4.1.1. Общая характеристика пациентов проспективной группы	99
4.1.2. Основные показатели раннего послеоперационного периода	101
4.1.3. Анализ изменений рентгенологических параметров у пациентов проспективной группы	101
4.1.4. Анализ динамики клинических проявлений у пациентов проспективной группы	102
4.1.4.1. Оценка динамики болевого синдрома в спине	102
4.1.4.2. Оценка динамики качества жизни	103

4.1.5. Анализ осложнений хирургического лечения	104
4.1.5.1. Анализ осложнений периоперационного периода	104
4.1.5.2. Анализ осложнений отдаленного периода	105
4.2. Совершенствование алгоритма выбора тактики хирургического лечения пациентов с ригидными посттравматическими деформациями грудного отдела	106
4.3. Обсуждение полученных результатов	111
<b>Заключение</b>	114
<b>Выводы</b>	121
<b>Практические рекомендации</b>	123
<b>Список сокращений</b>	124
<b>Список литературы</b>	126

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность темы исследования

Лечение пациентов с посттравматическими деформациями (ПТД) позвоночника является на сегодняшний день одним из наиболее обсуждаемых вопросов в профильной научной литературе (Афаунов А.А. с соавт., 2018; Прудникова О.Г. с соавт., 2019; Avila J.M. et al., 2019; Olivares O.V. et al., 2021; De Gendt E.E.A. et al., 2023). При этом проблема лечения деформаций грудного отдела занимает особое место вследствие высокой частоты травматических повреждений данной области позвоночника (Jansson K.A. et al., 2010; Ghobrial G.M. et al., 2014; Wood K.V. et al., 2014; Katsuura Y. et al., 2016; Olivares O.V. et al., 2021). В России ежегодно регистрируется около 9 тысяч случаев позвоночно-спинномозговой травмы (ПСМТ), в США – 15 тысяч (Ахмеджанов Ф.М. с соавт., 2007; Гринь А.А. с соавт., 2008; Баринов А.Н., Кондаков Е.Н., 2011; Гринь А.А. с соавт., 2012; Морозов И.Н. Млявых С.Г., 2011). При этом частота повреждений грудного отдела составляет 40–60% от всех травм позвоночника (Говенько Ф.С. с соавт., 2012; Jansson K.A., 2010; Wood K.V., 2014). Кроме того, более 80% больных относятся к возрастной группе 15–45 лет с соотношением мужчин и женщин – 3:1, что обуславливает высокую социальную значимость данной патологии (Баринов А.Н., Кондаков Е.Н., 2010; Морозов И.Н., Млявых С.Г., 2011; Сороковиков В.А. с соавт., 2011; Глазков Р.В. с соавт., 2012).

Следует отметить, что посттравматические деформации формируются в результате неудачного хирургического (51–76%) или неадекватного консервативного лечения травматических повреждений позвоночника (30–49%) (Дулаев А.К. с соавт., 2009; Гринь А.А. с соавт., 2015; Рерих В.В. с соавт., 2015; Шульга А.Е. с соавт., 2015; Афаунов А.А. Кузьменко А.В., Басанкин И.В. 2018; Прудникова О.Г. с соавт., 2019; Яриков А.В. с соавт., 2019; Jo D.J. et al., 2015; Liu F.Y. et al., 2020; Crim J. et al., 2022). При этом формирование ригидных деформаций является следствием неудач лечения и крайне неблагоприятно сказывается на качестве жизни пациентов вследствие фиксированного

сагиттального дисбаланса (Прудникова О.Г. с соавт., 2019; Joaquim A.F. et al., 2016; Olivares O.V. et al., 2021). Данные деформации приводят к включению механизмов компенсации нарушений сагиттального профиля позвоночника посредством увеличения поясничного лордоза, уменьшения грудного кифоза, ротации таза и сгибания в тазобедренных и коленных суставах. При этом возникает перегрузка пояснично-крестцового отдела и крупных суставов нижних конечностей, что способствует быстрому прогрессированию дегенеративной патологии и нарастанию болевого синдрома (Басанкин И.В. с соавт., 2021; Polly D.W.J. et al., 2000; Barrey C. et al., 2013; Olivares O.V. et al., 2021).

Основная концепция хирургического лечения пациентов с ригидными ПТД груднопоясничного отдела позвоночника заключается в реконструкции позвоночного канала, коррекции локального кифоза и фиксации позвоночно-двигательных сегментов в условиях нормальных соотношений (Усиков В. Д. с соавт., 2010; Аганесов А.Г., 2013; Колесов С. В. 2014; Афаунов А.А. с соавт., 2016; Перих В.В., Борзых К.О., 2016; De Gendt E.E.A. et al., 2023). При этом зачастую полноценной коррекции кифотического компонента деформации не уделяется должное внимание, а исходы лечения пациентов обсуждаемого профиля нередко остаются неудовлетворительными.

### **Степень разработанности темы исследования**

Хирургическая коррекция ригидной деформации позвоночника представляет собой высокотравматичное продолжительное и нередко многоэтапное вмешательство со сложным предоперационным планированием и значительной частотой осложнений в послеоперационном периоде (Перих В.В., Борзых К.О., 2016; Cecchinato R. et al., 2014; Avila J.M. et al., 2019; Liu F.Y. et al., 2020).

Технически коррекция деформаций данного профиля возможна посредством выполнения вертебротомий 3-го, 4-го и 5-го типов по Schwab, при этом устранение локального кифотического компонента величиной более 30°, по мнению большинства авторов, целесообразно проводить при помощи

трехколонной остеотомии (Schwab-5; Vertebral Column Resection; VCR). Широко распространенные в последнее время альтернативные хирургические методики, основанные на укорачивающих остеотомиях (pedicle subtraction osteotomy; bone disc bone osteotomy) и их модификациях, имеют, по данным научной литературы, сравнительно меньшую травматичность, но и существенно более ограниченные возможности для коррекции и неоднозначные отдаленные результаты лечения (Колесов С. В. 2013; Пантелеев А.А. с соавт., 2018; Прудникова О.Г. с соавт., 2019; El-Sharkawi M.M. et al., 2011; Chen F. et al., 2016; Hu W. et al., 2016; Zhao Q.H. et al., 2018; Liu F.Y. et al., 2020). Следует также отметить, что существующие рекомендации не учитывают индивидуальные особенности позвоночно-тазовых взаимоотношений, что может оказывать негативное влияние на отдаленные результаты проведенного оперативного лечения (Прудникова О.Г. с соавт., 2019; Olivares O.B. et al., 2021; De Gendt E.E.A. et al., 2023).

Кроме того, вертебротомии 5-го типа по Schwab, выполненные из комбинированного (вентрального и дорсального) доступа (VCR anterior + posterior; VCR a+p) и одномоментно дорсально (VCR posterior; VCR p), несмотря на схожие результаты оперативного лечения, имеют различную травматичность. При этом в научной литературе встречаются противоположные мнения о частоте осложнений, величине кровопотери, продолжительности оперативных вмешательств и степени коррекции ригидных деформаций позвоночника, а выбор того или иного варианта лечения нередко основывается на личных предпочтениях оперирующего хирурга (Колесов С. В. с соавт., 2008; Прудникова О.Г. с соавт., 2019; Rahman M.M. et al., 2018; Kobbe P. et al., 2020; Liu F.Y. et al., 2020; Pishnamaz M. et al., 2020; Wang Q. et al., 2023).

Очевидно, что мнения хирургов относительно тактики оперативного лечения пациентов рассматриваемого профиля во многом расходятся, а показания к использованию различных хирургических методик четко не определены и дискутируются специалистами в настоящее время. Поэтому, по нашему мнению, имеется практическая необходимость сравнительного анализа результатов применения различных хирургических методик у пациентов с ригидными



посттравматическими деформациями грудного отдела позвоночника, что в дальнейшем будет способствовать уточнению показаний к их клиническому применению и, соответственно, улучшению исходов лечения. Практическая значимость указанных нерешенных вопросов определили тему нашего диссертационного исследования, его цель и задачи.

**Цель исследования** – уточнить показания и обосновать рациональные подходы к использованию различных вариантов хирургического лечения пациентов с ригидными посттравматическими деформациями грудного отдела позвоночника на основании сравнительного анализа собственного клинического материала и профильных научных публикаций.

### **Задачи исследования**

1. Изучить в ходе ретроспективного клинического исследования клинорентгенологические особенности ригидных посттравматических деформаций грудного отдела позвоночника.

2. Оценить посредством сравнительного ретроспективного исследования особенности и результаты хирургического лечения пациентов с ригидными посттравматическими деформациями грудного отдела позвоночника после комбинированного двухэтапного и одномоментного оперативного вмешательства.

3. На основании ретроспективного исследования определить факторы, влияющие на эффективность хирургического лечения профильных пациентов, оценить ошибки и осложнения, разработать меры по их профилактике.

4. В ходе проспективного клинического исследования оценить эффективность мер профилактики неудовлетворительных результатов хирургического лечения у пациентов изучаемого профиля.

5. Уточнить объем предоперационного обследования и усовершенствовать алгоритм рационального выбора оптимальной тактики хирургического лечения пациентов с ригидными посттравматическими деформациями грудного

отдела позвоночника с учетом профилактики последующего развития болевого синдрома в поясничном отделе.

### **Научная новизна**

1. В результате проведенного ретроспективного сравнительного исследования получены новые данные о преимуществах и недостатках коррекции кифотического компонента ригидной деформации позвоночника у профильных пациентов, оперированных из заднего доступа, по сравнению с методикой комбинированного доступа.

2. Анализ материалов ретроспективного клинического исследования впервые показал влияние остаточной кифотической деформации на развитие в отдаленном послеоперационном периоде болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника у пациентов с низким показателем тазового индекса.

3. По результатам проспективного исследования доказана эффективность предложенных мер профилактики болевого синдрома в отдаленном послеоперационном периоде у пациентов с высоким риском развития такого осложнения.

4. Уточнен объем предоперационного обследования и усовершенствован алгоритм выбора оптимальной тактики хирургического лечения пациентов изученного профиля с учетом выраженности и уровня деформации грудопоясничного отдела позвоночника, протяженности костного блока и индивидуальных особенностей ориентации таза.

### **Практическая значимость диссертационного исследования**

1. Результаты проведенного комплексного сравнительного анализа ближайших, среднесрочных и отдаленных исходов оперативного лечения у пациентов с ригидными посттравматическими деформациями грудопоясничного отдела позвоночника позволили уточнить объем предоперационного обследования, что будет способствовать повышению информативности и точности предоперационной диагностики.

2. Выявленные факторы риска развития неблагоприятных результатов в отдаленном послеоперационном периоде позволяют оптимизировать отбор пациентов для выполнения соответствующих операций и снизить долю неудовлетворительных исходов оперативного лечения.

3. Обоснованное уточнение показаний к выполнению одноэтапного или комбинированного оперативного вмешательства у профильных пациентов с учетом показателей индивидуальных возможностей компенсации нарушений сагиттального профиля позвоночника направлено на снижение риска осложнений и улучшение исходов оперативного лечения профильных пациентов.

### **Методология и методы исследования**

В ходе диссертационного исследования, включавшего ретроспективную и проспективную клинические части, был проведен анализ результатов хирургического лечения 121 пациента с ригидными посттравматическими деформациями грудопоясничного отдела позвоночника.

Ретроспективный сравнительный анализ клинических проявлений, рентгенологических данных и исходов хирургического лечения был проведен в двух клинических группах, включавших в совокупности 91 пациента, которые были сопоставимы по основным предоперационным параметрам.

Пациентам первой ретроспективной клинической группы (n=44) было проведено комбинированное двухэтапное оперативное лечение с вертебротомией 5-го типа по Schwab, коррекцией ригидной деформации, установкой межтелового импланта из переднего доступа и последующей окончательной фиксацией из заднего доступа. Во второй группе (n=47) хирургическое лечение с резекцией позвонка, межтеловым корпородезом и транспедикулярной фиксацией было выполнено исключительно из заднего доступа. Данные пациенты были прооперированы в период с 2010 по 2019 г/ в клинике ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России.

В ходе проведенного исследования были изучены показатели коррекции деформации, основные позвоночно-тазовые параметры и их изменения.

Количественные показатели были подвергнуты статистическому анализу. Полученные данные использовались для формирования необходимой выборки пациентов для проспективного этапа исследования.

Проспективная часть исследования была основана на анализе результатов лечения 30 пациентов с ригидной посттравматической деформацией грудопоясничного отдела позвоночника на фоне низких значений тазового индекса. Все пациенты были прооперированы в период с 2019 по 2021 г. в клинике ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России в один этап из заднего доступа. При этом особое внимание в ходе этих операций уделялось коррекции локальной кифотической деформации.

В ходе проведенного проспективного клинического исследования были прицельно изучены: средняя продолжительность оперативного вмешательства, длительность стационарного лечения, средний объем интраоперационной и дренажной кровопотери, изменения позвоночно-тазовых параметров и функциональных шкал, а также структура и частота послеоперационных осложнений. Результаты были оценены в раннем (до 6 мес.), среднесрочном (6–18 мес.) и отдаленном (более 18 мес.) периодах.

Все полученные показатели были подвергнуты статистическому анализу и сопоставлены с данными профильных научных публикаций. В результате были уточнены объем предоперационного обследования и показания к применению различных оперативных методик у пациентов с ригидными ПТД грудопоясничного отдела позвоночника, что позволило усовершенствовать алгоритм выбора оптимальной тактики хирургического лечения пациентов с описанной патологией.

Все перечисленные выше клинические и рентгенологические показатели, а также результаты лечения больных были изучены и оценены диссертантом, принимавшим непосредственное участие в лечении и обследовании части пациентов, включенных в настоящее исследование.

### **Основные положения, выносимые на защиту**

1. Оперативное лечение пациентов с ригидными посттравматическими деформациями грудного отдела позвоночника, предполагающее вертебротомию 5-го типа по Schwab из дорсального доступа, имеет лучшие возможности для коррекции кифотического компонента изученных деформаций по сравнению с двухэтапным оперативным лечением из комбинированного доступа.

2. Из двух изученных методов оперативного лечения пациентов с ригидными посттравматическими деформациями грудного отдела позвоночника операции из дорсального доступа являются более травматичными и сопровождаются большей кровопотерей, частотой осложнений в раннем послеоперационном периоде и продолжительностью стационарного лечения.

3. Оперативное лечение пациентов с ригидными посттравматическими деформациями грудного отдела позвоночника на фоне низких возможностей компенсации нарушений сагиттального профиля позвоночника целесообразно выполнять с максимально возможным устранением кифотического компонента деформации для предотвращения развития болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника.

### **Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

Содержание и выводы диссертации полностью соответствуют паспорту научной специальности 3.1.8. Травматология и ортопедия.

### **Личный вклад автора**

Диссертационная работа представляет самостоятельное исследование, основанное на собственных результатах сбора и анализа клинических и рентгенологических данных пациентов с ригидными посттравматическими деформациями позвоночника, перенесших хирургическое лечение из заднего или комбинированного доступа. Автором проведен обзор литературы по теме диссертационного исследования, собран материал, изучена и проанализирована

медицинская документация и данные лучевых методов исследований, проведен анализ результатов лечения, полноценная статистическая обработка полученных количественных данных и интерпретация основных результатов проведенных исследований, сформулированы выводы и практические рекомендации, написаны все главы диссертации и ее автореферат.

Автор лично прооперировал или принимал участие в операциях у 80% пролеченных больных.

### **Апробация и реализация диссертационного исследования**

Основные положения диссертационного исследования были доложены на IX съезде ассоциации хирургов-вертебрологов (RASS) (Санкт-Петербург, 2018), XXII Всероссийской научно-практической конференции «Поленовские чтения» (Санкт-Петербург, 2023) и XII съезде ассоциации хирургов-вертебрологов (RASS) (Москва, 2023).

По теме диссертации опубликовано 5 печатных работ, в рецензируемых научных изданиях 4, включающих в себя 3 статьи и патент РФ на изобретение.

Результаты диссертационного исследования внедрены в практическую работу клиники ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России. Материалы диссертации используются также при обучении клинических ординаторов, аспирантов и травматологов-ортопедов, проходящих усовершенствование по программам дополнительного образования.

### **Объем и структура диссертации**

Материалы диссертационного исследования представлены на 149 страницах. Диссертация состоит из введения, обзора научной литературы по теме исследования, главы по материалам и методам исследования, двух глав собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и списка литературы. Работа содержит 20 таблиц и 32 рисунка. Список литературы включает 200 источников, из них 63 отечественных и 137 иностранных авторов.

## ГЛАВА 1

### СОСТОЯНИЕ ИЗУЧАЕМОГО ВОПРОСА ПО ДАННЫМ СОВРЕМЕННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

#### **1.1. Частота и распространенность травматического повреждения и посттравматических деформаций грудного отдела позвоночника**

Травматическое повреждение позвоночника остается на сегодняшний день одной из наиболее частых причин инвалидизации людей трудоспособного возраста с тенденцией к увеличению частоты данного вида травмы в последние годы. При этом среди повреждений опорно-двигательного аппарата травма позвоночника выявляется в 5,5–17,8% случаев (Крылов В.В. с соавт., 2016). В России частота встречаемости данной патологии составляет 60 на 100 000 человек (Андреева Т.М. с соавт., 2017), при этом анализ более ранних литературных источников подтверждает отрицательную динамику данного показателя. Так в 2009 г. частота неосложненных травматических повреждений позвоночника составляла 31,7 случай на 100 000 населения крупного промышленного города России (Рерих В.В. с соавт., 2009). Частота позвоночно-спинномозговой травмы (ПСМТ), осложненной неврологическим дефицитом, показывает снижение относительно прошлого десятилетия. Так за 2012–2016 гг., согласно ретроспективному анализу данных по Санкт-Петербургу, частота ПСМТ составила 1,7 случаев на 100 000 в год (Лобзин С.В. с соавт., 2019; Mirzaeva L., 2019), что было значительно ниже, чем в предшествующие десятилетия (от 2,9 до 5 на 100 000) (Белова А.Н. с соавт., 2000). Данное снижение обусловлено во многом проведением соответствующих профилактических мероприятий (Лобзин С.В., Мирзаева Л.М., Дулаев А.К., 2019). Однако в целом отрицательная тенденция складывается в результате повышения частоты неосложненных переломов позвоночника, связанного как с увеличением числа травм в результате ДТП, так и с улучшением диагностики клинически малозначимых переломов особенно в случаях сочетанной травмы (Толкачев В.С. с соавт., 2018; Порханов В.А. с соавт., 2022).

Переломы груднопоясничного отдела занимают особое место в структуре травматических повреждений позвоночника. Груднопоясничная область (Th11-L2), являющаяся переходной зоной между жестким грудным отделом позвоночника и подвижным поясничным отделом, особенно уязвима при травмах позвоночника (Wood K.B. et al., 2014). Переломы данной локализации происходят чаще всего вследствие падения, ДТП, а также спортивной травмы и составляют от 40% до 60%, а по некоторым данным, до 68,5% всех переломов позвоночника (Hu R. et al., 1996; Jansson K.-A. et al., 2010).

Большинство травматических повреждений позвонков приходится на первый поясничный позвонок с частотой развития 24–30% от всех переломов позвонков (Harma M., 1986; Wood KB et al., 2014; Ghobrial GM et al., 2013). Переломы смежных с L1 позвонков являются вторыми по частоте встречаемости. При этом доля переломов Th12 позвонка составляет 15%, а L2 позвонка – 12% (Harma M. et al., 1986). Самыми распространенными типами травматических повреждений считаются взрывные переломы (39,5%) (тип А3 по классификации АО) и компрессионные (33,6%) (тип А1 по классификации АО) (Басанкин И.В. с соавт., 2022; Katsuura Y. et al., 2016). Переломы данного типа значительно увеличивают риск посттравматического кифоза вследствие смещения центра тяжести кпереди от тела позвонка (Curfs I. et al., 2016; Katsuura Y. et al., 2016).

На сегодняшний день общепризнанным является утверждение, что консервативное лечение переломов позвонков не способно оказывать влияние на предупреждение развития посттравматических деформаций (ПТД) (Гринь А.А. с соавт., 2018; Ghobrial G.M. et al., 2014; Rahman M.M. et al., 2018; Cook E. et al., 2021; Fusini F. et al., 2021; Soultanis K. et al., 2021). Несмотря на увеличение в последние десятилетия хирургической активности при травматических повреждениях позвоночника, проблема ПТД в отдаленном периоде широко обсуждается в мировой литературе (Прудникова О.Г. с соавт., 2019; Olivares O.B. et al., 2021; De Gendt E.E.A. et al., 2023). Кроме того, увеличение числа публикаций, посвященных данной тематике, свидетельствует о возрастающем интересе среди специалистов и отсутствии единой концепции лечения пациентов



соответствующего профиля (Прудникова О.Г., 2019; Яриков А.В. с соавт., 2019; Cankaya D. et al., 2015; Crim J. et al., 2022; De Gendt E.E.A. et al., 2023).

Наличие в настоящее время множества классификаций, направленных на выбор тактики лечения пациентов с травматическим повреждением позвоночника, не способствует формированию единой концепции лечения (Луцик А.А. с соавт., 2012; Перльмуттер О.А. с соавт., 2016; Дулаев А.К. с соавт., 2018; Thomas KC et al., 2006; Ghobrial GM et al., 2013 Katsuura Y, 2016; Prajapati H.P., Kumar R. 2021; Filgueira É.G., et al., 2021; Sharif S. et al., 2021; Crim J. et al., 2022). Основными задачами хирургического этапа лечения ПСМТ, особенно в случаях наличия сочетанных повреждений или значимого неврологического дефицита, являются декомпрессия нервных структур и стабилизация позвоночно-двигательных сегментов (ПДС), в то время как восстановлению глобального баланса позвоночника, реконструкции передней опорной колонны и созданию условий для формирования костного блока зачастую уделяется гораздо меньшее внимание (Валеев И.Е., Валеев Е.К., 2013; Рерих В.В., 2015; Кокушин Д.Н. с соавт., 2016; Mazel C. et al., 2018; Waddell W.H. et al., 2021). При этом объем оперативного лечения может быть уменьшен как вследствие объективных причин, обусловленных тяжестью состояния пациента, так и в результате отсутствия технических возможностей, практических навыков или понимания биомеханики развития деформаций позвоночника (Бердюгин К.А., 2013; Дулаев А.К., 2014; Рерих В.В., 2016; Прудникова О.Г., 2019).

Следствием нарушений принципов хирургического лечения травматических повреждений позвоночника являются формирование ригидных деформаций или усугубление их тяжести, образование псевдоартрозов, несостоятельность фиксации, нарастание неврологического дефицита, перегрузка смежных отделов позвоночника (Усиков В.Д. с соавт., 2014; Афаунов А.А. с соавт., 2015; Шевченко Е.Г. с соавт., 2018; Яриков А. В. с соавт., 2019; Рузиев Х.Х. с соавт., 2019; De Gendt E.E.A., Schroeder G.D. et al., 2023). Кроме того, наличие деформации позвоночника, особенно с выраженным кифотическим компонентом, приводит к включению компенсаторных механизмов поддержания сагиттального баланса

туловища посредством увеличения поясничного лордоза, ротации таза и сгибания в тазобедренных и коленных суставах. Длительно задействованные компенсаторные механизмы приводят к перегрузке пояснично-крестцового отдела и крупных суставов нижних конечностей, что способствует раннему развитию дегенеративных изменений и усилению болевого синдрома после травмы (Борзых К.О., Рерих В.В. 2023; Polly D.W.J. et al., 2000; Barrey C. et al., 2013; Olivares O.V. et al., 2021).

## **1.2. Патологические особенности посттравматических деформаций груднопоясничного отдела позвоночника**

Основной характеристикой ПТД является ригидность за счет формирования фиброзного или костного блока на уровне повреждения.

Несмотря на то, что ПТД позвоночника, как правило, формируется после серьезных повреждений позвонков, в мировой литературе описано не мало случаев появления деформаций после незначительных переломов на фоне снижения качества костной ткани у пациентов с системным остеопорозом, анкилозирующим спондилитом, несовершенным остеогенезом и другими эндокринными или генетическими нарушениями (Басанкин И.В. с соавт., 2024; Khoueir P. et al., 2008; Wakao N. et al., 2014).

ПТД позвоночника может развиваться после травмы при отсутствии какого-либо лечения, а также после проведенного консервативного лечения или хирургического вмешательства (Curfs I. et al., 2016; Soultanis K. et al., 2021; Vercoulen T.F.G. et al., 2024). Независимо от этиологии ПТД или проводимого лечения изначальной травмы, наиболее часто клиническая картина данной патологии включает в себя жалобы на наличие деформации в сагиттальной и/или коронарной плоскости, усиливающуюся боль, нарастающий неврологический дефицит или комбинацию данных симптомов.

Выбор оптимальной тактики лечения ПТД, прежде всего, зависит от безусловного понимания нормального сагиттального и фронтального баланса позвоночника (Борзых К.О. с соавт., 2018; Olivares O.V. et al., 2021; Alhelal F. et al.,

2023; José L.M. et al., 2023). Оценка сагиттального профиля позвоночника проводится рентгенологически на основании измерения угловых показателей всех отделов позвоночника в боковой проекции, а также определении основных позвоночно-тазовых параметров (Fakurnejad S. et al., 2014; Pan T. et al., 2016). Сагиттальный профиль грудного отдела обычно измеряется от верхней замыкательной пластинки Th2 позвонка до нижней замыкательной пластинки Th12, но поскольку верхний грудной отдел позвоночника часто трудно визуализировать, грудной кифоз также можно измерить от верхней замыкательной пластинки Th4 до нижней замыкательной пластинки Th12. Величина грудного кифоза находится в пределах от  $+20^{\circ}$  до  $+50^{\circ}$  со средним значением  $+35^{\circ}$  у здоровых взрослых (Bernhardt M. et al., 1989; Gelb D.E. et al., 1995). Некоторые авторы предлагают оценивать величину среднегрудного кифоза от верхней замыкательной пластинки Th5 до нижней замыкательной пластинки Th12, который обычно колеблется от  $+10^{\circ}$  до  $+40^{\circ}$  (Olivares O.B. et al., 2021).

Грудопоясничное соединение (Th12-L1) является областью перехода от кифоза к лордозу и обычно имеет нейтральное положение (Bernhardt M. et al., 1989). Сагиттальный профиль в данной переходной зоне обычно измеряется от верхней замыкательной пластинки Th10 до нижней замыкательной пластинки L2 и должен быть нейтральным или с минимальным лордозом. Сагиттальный профиль поясничного отдела измеряется от верхней замыкательной пластинки Th12 до замыкательной пластинки S1 и обычно находится в диапазоне от  $-40^{\circ}$  до  $-80^{\circ}$  лордоза со средним значением примерно  $-60^{\circ}$  (Bernhardt M. et al., 1989; Gelb D.E. et al., 1995; Olivares O.B. et al., 2021).

Физиологически кифоз в грудном отделе позвоночника начинается на уровне Th1-Th2 со средним значением  $+1^{\circ}$  и увеличивается с каждым сегментом до вершины кифоза на уровне Th6-Th7, где он составляет  $+5^{\circ}$ . С каждым уровнем ниже вершины физиологического кифоза его величина постепенно уменьшается и в зоне грудопоясничного перехода становится нейтральной.

Поясничный лордоз обычно начинается на уровне L1-L2 со средним значением  $-4^\circ$  и постепенно увеличивается с каждым сегментом к крестцу с вершиной на уровне L3-L4 (Bernhardt M. et al., 1989).

Глобально сагиттальный баланс позвоночника оценивается рентгенологически в боковой проекции по линии отвеса, проведенной от центра тела С7 позвонка. Данная линия описывается как сагиттальная вертикальная ось (SVA – sagittal vertical axis) и в норме проходит через задне-верхний угол S1 позвонка. Если SVA проходит кпереди от этой точки, считается, что сагиттальный баланс положительный, и если кзади, то отрицательный.

ПТД позвоночника также может оказывать влияние на фронтальный баланс позвоночника. Рентгенологически данное влияние оценивается измерением линии отвеса из середины С7 позвонка во фронтальной плоскости. Данная ось описана как центральная вертикальная линия крестца (CSVL – central sacral vertical line) и в норме проходит через середину С7 позвонка и середину крестца (Gelb D.E. et al., 1995).

Несмотря на то, что травма позвоночника может приводить к нарушениям баланса во всех плоскостях, в подавляющем большинстве случаев, в зависимости от локализации перелома, происходит увеличение кифотического компонента в грудном отделе, появление его в грудопоясничном переходе или уменьшение лордоза в поясничном отделе. В некоторых случаях, при переломах тяжелой степени, в поясничном отделе возможно формирование кифоза (Polly D.W.J. et al., 2000; Vaccaro A.R. et al., 2001; Vaccaro A.R. et al., 2002; Roussouly P. et al., 2011; Lattig F. et al., 2018; Olivares O.B. et al., 2021). Данные деформации потенциально могут приводить к нарушению сагиттального профиля позвоночника с формированием положительного дисбаланса.

Компенсаторные механизмы позволяют снизить влияние локальной кифотической деформации на глобальный сагиттальный профиль, благодаря чему многие пациенты с ПТД не имеют нарушений глобального баланса. Однако данное равновесие поддерживается исключительно в пределах индивидуальных компенсаторных возможностей отдельного пациента (Борзых К. О., Рерих В. В.

2023; Roussouly P. et al., 2005; Roussouly P. et al., 2011; Barrey C. et al., 2013; Olivares O.B. et al., 2021; Marie-Hardy L. et al., 2024).

Локальная деформация в сагиттальной плоскости оценивается путем измерения угла между верхней и нижней замыкательными пластинками тел позвонков краниальнее и каудальнее травмированного уровня.

Измерение посттравматического кифоза отдельного сломанного позвонка не является информативным и не должно использоваться на практике или теоретических исследованиях (Polly D.W.J. et al., 2000; Vaccaro A.R. et al., 2001).

Некоторые авторы предлагают определять показания для хирургического лечения на основании оценки сегментарного кифоза и его отклонения от базового сагиттального профиля данного уровня. Так разница более  $15^\circ$  является, по мнению авторов, показанием для хирургической коррекции, что имеет впоследствии лучшие отдаленные результаты по сравнению с консервативным лечением (Farcy J.P. et al., 1990).

Кроме того, локальный кифоз, превышающий  $20^\circ$ , по мнению ряда авторов, может свидетельствовать о повреждении задних связочных структур, что способствует развитию прогрессирующей ПТД, особенно в грудопоясничном и поясничном отделах, в которых позвоночник не стабилизирован дополнительно грудной клеткой (Polly D.W.J. et al., 2000; Vaccaro A.R. et al., 2001).

### **1.3. Факторы, влияющие на развитие посттравматических деформаций в отдаленном периоде**

Деформации позвоночника в отдаленном периоде после травмы зачастую превышают по степени тяжести исходную ПТД, имеют прогрессирующее течение и значительно снижают качество жизни пациентов (Khoueir P. et al., 2008; Li S. et al., 2017).

Определение факторов, оказывающих влияние на развитие или увеличение посттравматических деформаций, является основой как для выбора тактики лечения данной патологии, так и для пересмотра методик, применяемых при

лечении острого травматического повреждения позвоночника (Yaman O. et al., 2021; De Gendt E.E.A. et al., 2021).

Развитие посттравматической деформации в отдаленном периоде может быть как следствием прогрессирования деформации на фоне отсутствия лечения, так и быть связанным с проводимым лечением (Curfs I. et al., 2016; Pishnamaz M. et al., 2020; Soultanis K. et al., 2021). К факторам развития ПТД, связанным с лечением, относят формирование псевдоартрозов, несостоятельность фиксации, оперативное лечение без восстановления опороспособности передних отделов, недостаточную протяженность фиксации или проведение широкой декомпрессивной ламинэктомии (Млявых С.Г., Перльмуттер О.А., 2006; Дулаев А.К. с соавт., 2009; Verlaan J.J. et al., 2004; Curfs I. et al., 2016). Кроме того, описаны факторы развития поздней посттравматической деформации, не связанные непосредственно с проведенным лечением острой травмы. К данным факторам в настоящее время относят остеопороз, асептический некроз тела позвонка или болезнь Кюммеля и нейрогенную артропатию Шарко (Афаунов А.А. с соавт., 2013; Zhan Y. et al., 2022; Kang H. et al., 2024).

Формирование псевдоартроза в зоне перелома чаще всего проявляется прогрессированием посттравматической деформации позвоночника и локальным болевым синдромом. Развитие ложного сустава с отсутствием костного блока подтверждается рентгенологически и в значительной части случаев сопровождается нестабильностью установленных имплантов, что существенно усложняет ревизионное вмешательство, а вопросы реостеосинтеза требуют использования пластических материалов (Басанкин И.В. с соавт., 2023). Выявление псевдоартроза в настоящее время требует исключения глубокой инфекции как причины отсутствия формирования костного блока (Щедренок В.В. с соавт., 2010; Дулаев А.К. с соавт., 2014; Mazel S. et al., 2018; Aly M.M., 2023).

Несмотря на то, что образование псевдоартроза считается на сегодняшний день одной из наиболее значимых причин несостоятельности фиксации, нестабильность имплантатов может развиваться в результате чрезмерной нагрузки в зоне имплант-кость, некорректной установки или выбора фиксаторов,

несоблюдения пациентом рекомендаций и снижения МПКТ (Рерих В.В., Борзых К.О., 2015; Mazel C. et al., 2018; Ullrich B.W. et al., 2022). Наличие дефектов в области передней опорной колонны после хирургического вмешательства является частным случаем неправильно выбранной или реализованной тактики лечения. Отсутствие опороспособности передней колонны приводит к чрезмерной нагрузке на имплантаты и крайне высоким рискам усталостных переломов металлоконструкции (Дулаев А.К. с соавт., 2009; Verlaan J.J. et al., 2004; Zeng Y. et al., 2013). Данное осложнение, по существу, заложено на отдаленных сроках при соответствующем хирургическом подходе и, несмотря на результаты раннего послеоперационного периода, приводит к неудовлетворительным последствиям.

Нестабильность установленной металлоконструкции, как правило, требует ревизионного хирургического вмешательства, нередко с увеличением протяженности фиксации (Афаунов А.А. и соавт., 2015).

Кроме того, к развитию прогрессирующей кифотической деформации, по мнению ряда авторов, могут приводить такие факторы, как слишком короткая фиксация и декомпрессивная ламинэктомия (Formica M. et al., 2015; Zeng Y. et al., 2016; Li S. et al., 2017; Choovongkomol K. et al., 2022). Для профилактики описанного осложнения авторы рекомендовали включать в зону фиксации пять ПДС при переломе в области грудопоясничного перехода, а также избегать по возможности ламинэктомии на вершине деформации (Vaccaro A.R. et al., 2001; Zeng Y. et al., 2016; Li S. et al., 2017).

Асептический некроз тела позвонка, или болезнь Кюммеля, является достаточно редким заболеванием, которое также может приводить к развитию и прогрессированию посттравматической деформации в отдаленном периоде.

Кроме того, в литературе описана нейрогенная артропатия Шарко, которая также может способствовать развитию прогрессирующей посттравматической деформации позвоночника. Данное состояние обычно возникает у пациентов с травмой спинного мозга и грубым неврологическим дефицитом с пара- или тетраплегией и отсутствием чувствительности ниже уровня поражения. Считается, что нейрогенная артропатия Шарко является следствием аномальных

движений между позвонками с постепенным разрушением суставных поверхностей, развитием субхондральных переломов и, в конечном итоге, формированием шаровидного псевдоартроза по типу «головка – впадина». Данные патологические изменения развиваются ввиду отсутствия мышечного тонуса как основного стабилизатора ПДС и защитной болевой иннервации, что приводит к длительному бессимптомному течению описанных выше изменений. Клинически нейрогенная артропатия Шарко в поздней стадии проявляется прогрессирующим кифотической деформацией позвоночника, выраженной нестабильностью в ПДС и потерей роста.

#### **1.4. Клинико-рентгенологические особенности пациентов с посттравматическими деформациями позвоночника**

##### **1.4.1. Болевой синдром**

Боль является одним из наиболее частых симптомов посттравматической деформации и определяется у 60–84% пациентов (Дулаев А.К., 2009; Khoueir P. et al., 2008; Munting E. et al., 2010; De Gendt E.E.A. et al., 2024).

В случаях наличия псевдоартроза или неконсолидированного перелома болевой синдром более всего обусловлен патологической подвижностью в зоне повреждения. При консолидированных повреждениях считается, что болевой синдром вызван аномальной биомеханикой позвоночника на уровне деформации, которая приводит к изменению сил, приложенных к мягким тканям и окружающим структурам (Vaccaro A.R. et al., 2001). Болевой синдром, как правило, носит постоянный ноющий характер и первоначально возникает на уровне деформации. При этом у пациентов с локальной деформацией более 30° отмечаются более высокие риски развития хронического болевого синдрома (Malcolm B.W. et al., 1981; Roberson J.R. et al., 1985).

С появлением дегенеративных изменений в прилегающих к уровню деформации отделах, а также с нарастанием степени их тяжести в этих отделах появляется и усиливается болевой синдром. Данные патологические изменения, развивающиеся вследствие нарушений биомеханики позвоночника, происходят



значительно быстрее, чем изменения в сегментах смежных к фиксированному в условиях сохраненного глобального баланса. В лечении данного болевого синдрома большинство специалистов отдают предпочтение хирургической коррекции деформации с восстановлением сагиттального и фронтального профиля позвоночника. Так Bridwell с соавторами (2003) в двух исследованиях показали, что пациенты с фиксированным сагиттальным дисбалансом, перенесшие корригирующую вертебротомию с резекцией ножек позвонка (PSO – pedicle subtraction osteotomy) имели статистически значимое уменьшение болевого синдрома после операции. Аналогичные результаты позже были опубликованы рядом исследователей (Jo D.J. et al., 2015; Chen F. et al., 2016; Zeng Y. et al., 2016; Liu F.Y. et al., 2020).

J.P. Kostuik и H. Matsusaki (1989), Bohlman H.H. с соавторами (1994), а также U.M. Ahn с соавторами (2002) в своих работах показали, что декомпрессивно-стабилизирующее вмешательство передним доступом у пациентов с посттравматическим кифозом приводит к значительному уменьшению болевого синдрома у большинства больных. Дальнейшие исследования в данном направлении также подтверждали эффективность хирургических вмешательств передним и комбинированным доступом (Chen Z.W. et al., 2012; Wang Q. et al., 2012; Noor A. et al., 2013; Morrison R. et al., 2015).

В тоже время M.M. El-Sharkawi с соавторами (2011), а также R. Gao с соавторами (2015) подтвердили значимое уменьшение болевого синдрома после корригирующих вертебротомий, выполненных из заднего доступа у пациентов с ригидными ПТД груднопоясничного отдела. Позднее схожие данные были опубликованы рядом исследователей (Jo D.J. et al., 2015; Zhao Q.H. et al., 2018; Liu F.Y. et al., 2020).

Однако данные исследования, демонстрирующие обнадеживающие результаты, должны быть интерпретированы с некоторой осторожностью, поскольку все они включают небольшое количество пациентов.

Несмотря на то, что оперативное лечение ПТД может привести к уменьшению болевого синдрома, его травматичность достаточно высока, а

результаты не до конца предсказуемы. В связи с этим только болевой синдром не должен считаться абсолютным показанием к хирургическому лечению данной патологии (Bridwell K. H., Gupta M. 2020).

#### **1.4.2. Неврологический дефицит**

Появление или прогрессирование неврологического дефицита у пациентов с ПТД обычно возникает в результате нарастания деформации или, чаще всего, в результате развития посттравматической сирингомиелии. Повреждение опорных структур позвоночника вследствие травмы может приводить к развитию кифоза, стеноза позвоночного канала, нестабильности ПДС и/или сколиотической деформации.

Развитие или прогрессирование ПТД может вызывать появление или ухудшение неврологического дефицита за счет прямой компрессии или натяжения нервных структур через угловой кифоз с механическим воздействием на спинной мозг.

Несмотря на то, что данный вариант развития неврологического дефицита описан в литературе, большинство случаев ухудшения неврологического статуса связано с развитием посттравматической сирингомиелии (Li Y.D. et al., 2021; Johnson L. et al., 2023).

Диагноз «посттравматическая сирингомиелия» стал объективно подтверждаться с появлением и широкой доступностью МРТ. Считается, что травматическая этиология сирингомиелии составляет примерно 25% всех случаев данной патологии (Brodbelt A.R. et al., 2003). У 30–50% пациентов по данным МРТ выявляются кистозные изменения спинного мозга после ПСМТ. Кроме того, сирингомиелия развивается в 3,2–40% на сроках от 1 до 30 лет после первоначальной травмы (Lee T.T. et al., 2000). При этом симптоматическая сирингомиелия развивается только в 1–9% случаев у пациентов, перенесших ПСМТ (Brodbelt A.R. et al., 2003).

Также авторами не было выявлено статистически значимых различий частоты возникновения сирингомиелии в зависимости от полного или частичного

повреждения спинного мозга. Кроме того, частота данной патологии не отличалась у пациентов с тетраплегией и параплегией (Brodbelt A.R. et al., 2003).

Посттравматическая сирингомиелия обычно проявляется сегментарным болевым синдромом и потерей чувствительности, за которыми следует прогрессирующая асимметричная мышечная слабость. Этиология этого расстройства изучена недостаточно, однако считается, что ключевую роль в формировании данной патологии играет начальное повреждение спинного мозга с его продолжительной компрессией, последующее развитие арахноидита с деформацией субарахноидального пространства и нарушением ликвородинамики. Рубцово-спаечный процесс с вовлечением оболочек спинного мозга изменяет ликвородинамику и приводит к повышению давления в пределах субарахноидального пространства, в результате чего происходит накопление жидкости и расширение полости (Azad T.D. et al., 2022).

Появление неврологического дефицита, как правило, носит постепенный характер, однако описаны случаи резкого нарастания, что обусловлено, по-видимому, кровоизлиянием в сирингомиелическую кисту (Brodbelt A.R. et al., 2003). Лечение посттравматической сирингомиелии с прогрессирующей неврологической симптоматикой в настоящее время проводится с помощью хирургических вмешательств, направленных на устранение спаечного процесса (менинголиза, арахнолиза) с последующей пластикой твердой мозговой оболочки (Klekamp J., 2012). Прямое шунтирование сирингомиелической кисты (сирингоплевральное или сирингосубарахноидальное) имеет частоту удовлетворительных результатов не более 50%, что обусловлено высокой вероятностью нарушения проходимости шунта.

Независимо от того, какая методика используется для лечения посттравматической сирингомиелии, коррекция деформации с декомпрессией спинного мозга должна являться первоочередной задачей (Vaccaro A.R. et al., 2001; Brodbelt A.R. et al., 2003; Bonfield C.M. et al., 2010; Karam Y. et al., 2014; Azad T.D. et al., 2022). R. Abel с соавторами (1999) подробно изучали проблему неврологических нарушений у пациентов с последствиями ПСМТ. Авторы

обнаружили, что нарастание неврологического дефицита у пациентов без признаков сирингомиелии обычно вызывается прогрессирующей деформацией, арахноидитом и фиксацией спинного мозга рубцово-спаечным процессом. Кроме того, авторы показали, что у пациентов с величиной локального посттравматического кифоза менее  $15^\circ$  или стеноза позвоночного канала менее 25% вероятность развития сирингомиелии на 50% ниже, чем у пациентов с превышениями указанных параметров. Это, как минимум, предполагает, что восстановление и/или поддержание баланса позвоночника, а также устранение стенозов позвоночного канала может предотвратить развитие посттравматической сирингомиелии и сопутствующего неврологического дефицита (Bradford D.S. et al., 1987 Ghobrial G.M. et al., 2014; Wood K.B. et al., 2014; Pishnamaz M. et al., 2020).

### **1.5. Классификация посттравматических деформаций позвоночника**

Классификация посттравматических деформаций является одной из нерешенных задач данной проблемы. Существующие классификации травматических повреждений позвоночника (Denis, Magerl, AO Spine Thoracolumbar Classification System), используемые в остром периоде травмы, не являются валидными для анализа ПТД отдаленного периода. Несмотря на это, на сегодняшний день наиболее часто используемым подходом в классификации посттравматических деформаций является систематизация с учетом типов предшествующего повреждения (Рерих В.В., 2016). Наибольшее распространение при этом получила система анализа на основании классификации F. Magerl с соавторами (1994). В соответствии с данным подходом выделяют последствия травматических повреждений типов А, В и С. Следует отметить, что классификации, изначально предложенные для анализа острых повреждений, не учитывают таких характерных посттравматических или послеоперационных изменений, как наличие костного или фиброзного блока, дегенеративных изменений в смежных сегментах, нарушений глобального баланса позвоночника, резекции опорных костных структур, установленной металлоконструкции (Denis

F. 1983; Magerl F. et al., 1994; Vaccaro A.R. et al., 2006; Joaquim A.F. et al., 2016). Таким образом, использование классификаций исключительно на основании типа предшествующего повреждения не позволяет полноценно характеризовать посттравматические изменения позднего периода травмы позвоночника и определять тактику лечения с учетом значимости данных изменений.

В течение последних десятилетий исследователями было предложено множество вариантов рабочих классификаций посттравматических деформаций.

A.R. Vaccaro с соавторами (2001) систематизировали ПТД в зависимости от пораженного отдела позвоночника, этиологии, степени выраженности кифоза и наличия болевого синдрома.

Позднее A.N. Nassr с соавторами (2006) совместно с A.R. Vaccaro предложили классифицировать данные деформации по нарушениям сагиттального и фронтального баланса. Так, авторы в группе деформаций сагиттального профиля выделяют кифотические и лордотические, а в группе нарушений во фронтальной плоскости сколиотические и трансляционные деформации. Кроме того, авторы описывают комбинированные деформации, которые возникают, как правило, после травматических повреждений грудопоясничного отдела. Данные деформации, особенно ригидные, по мнению авторов, являются наиболее тяжелыми относительно хирургического лечения.

Также многие авторы классифицируют пациентов с деформациями позднего периода травмы позвоночника на основании сагиттального дисбаланса, задействованных компенсаторных механизмов и ригидности сформированных посттравматических изменений (Xi Y.M. et al., 2013; Jo D.J. et al., 2015; Rajasekaran S. et al., 2018; Avila J.M. et al., 2019). Данный подход обладает наибольшей практичностью и позволяет определять объем хирургического лечения на основании необходимой величины коррекции сагиттального профиля. Однако в большинстве предложенных авторами классификаций оцениваются непосредственно первичные посттравматические деформации и не учитываются вторичные послеоперационные изменения (Прудникова О.Г. с соавт., 2019).

А.А. Афаунов с соавторами (2018) систематизировали многочисленные варианты ПТД на основании измерения рентгенологических параметров, оценки ригидности с учетом фиксации, типа и степени стеноза позвоночного канала, а также риска оперативного вмешательства в отношении неврологического статуса. Предложенная классификация учитывает наиболее значимые клинико-рентгенологические характеристики деформаций данного типа, однако не позволяет однозначно определить оптимальный вариант хирургического лечения (Афаунов А.А. с соавт., 2018; Прудникова О.Г. с соавт., 2019).

В целом изучение публикаций по данной проблематике показало, что на протяжении многих лет противоречивым остается вопрос анализа рентгенологических параметров посттравматической деформации. Оценка величины локальной деформации проводится относительно среднефизиологических показателей и не всегда отражает истинное индивидуальное состояние (Дулаев А.К. с соавт., 2005). Наиболее затруднительным считается оценка локального кифоза в поясничном отделе, где, как правило, происходит уменьшение лордоза, а не формирование кифоза. Кроме того, оценка глобального баланса у пациентов соответствующего профиля имеет значимые ограничения, обусловленные неспособностью некоторых пациентов находиться в вертикальном положении без дополнительной опоры, что значительно снижает достоверность телерентгенографического исследования (Xi Y.M. et al., 2013; Cecchinato R. et al., 2014; Avila J.M. et al., 2019).

### **1.6. Выбор тактики лечения пациентов с посттравматическими деформациями позвоночника**

Показания к оперативному лечению пациентов с ПТД включают в себя нарастающий при осевой нагрузке болевой синдром, псевдоартроз, сращение в порочном положении с нарушением баланса позвоночника, нестабильность установленной металлоконструкции, патологические изменения в смежных ПДС, а также радикулопатия или нарастающий неврологический дефицит (Bridwell K. H., 2020; Giotta Lucifero A. et al., 2023; Alsayed M.A., Elaal M.A. 2024).

Коррекция посттравматической деформации может быть выполнена полностью из заднего доступа, из переднего доступа или комбинированно из обоих доступов. Выбор доступа оперативного вмешательства необходимо соотносить прежде всего с задачами хирургического этапа лечения. Основными задачами чаще всего являются декомпрессия нервных элементов при симптоматическом стенозе позвоночного канала и восстановление сагиттального и фронтального баланса (Buchowski J.M. et al., 2008; Rahman M.M. et al., 2018). Выбор хирургического доступа, таким образом, основывается на лучшем варианте решения данных задач.

При этом, независимо от используемого оперативного подхода, во время операции необходимо обеспечить адекватную опороспособность передней колонны и достаточную протяженность задней фиксации для создания первичной стабильности до момента образования костного блока.

Применение изолированно задней фиксации при лечении кифотической деформации без восстановления передней опорной колонны создает чрезмерную нагрузку на металлоконструкцию, особенно в случаях коррекции на фоне сагиттального дисбаланса (Chen Z.W. et al., 2012; Hwang C.J. et al., 2019). Наиболее часто описываемые осложнения в таких случаях — это нестабильность металлоконструкции, потеря коррекции и развитие псевдоартроза.

Наличие или нарастание неврологического дефицита, радикулярная симптоматика или перемежающаяся хромота также описываются в литературе как показания к хирургическому вмешательству. При наличии кифотической деформации, как правило, развивается передняя компрессия нервных элементов. Таким образом, наиболее рациональным выглядит передний доступ, позволяющий выполнить адекватную декомпрессию посредством корпорэктомии. Данная техника обеспечивает лучшую визуализацию и прямой доступ к элементам передней и средней опорных колонн по сравнению с задним вариантом доступа (Афаунов А.А. с соавт., 2020; El-Sharkawi M.M. et al., 2011; Chen Z.W. et al., 2012; Wang Q. et al., 2012; Morrison R. et al., 2015).

Кроме того, замещение дефектов передней опорной колонны технически более предпочтительно из переднего доступа. Также ряд авторов отмечает лучшую динамику регресса неврологического дефицита на протяжении двухлетнего периода наблюдения у пациентов после прямой передней декомпрессии по сравнению с заднебоковым вариантом (El-Sharkawi M.M. et al., 2011; Chen Z.W. et al., 2012). Однако более поздние публикации не подтверждают этот вывод. Авторы отмечают, что неполный неврологический дефицит может полностью регрессировать независимо от используемого доступа и методики декомпрессии (Kose K.C. et al., 2017; Pishnamaz M. et al., 2020; Giotta Lucifero A. et al., 2023).

По мнению большинства специалистов, хирургическое лечение посттравматической деформации в настоящее время, невозможно без полноценного анализа глобального баланса позвоночника и понимания его биомеханики (Горбатюк Д. С., Колесов С. В., 2022; Cecchinato R. et al., 2014; Matsumoto K. et al., 2018; Olivares O.V. et al., 2021; Xu T. et al., 2024).

Первым этапом предоперационного планирования является оценка величины локальной деформации. Значимость данного параметра состоит не только в общем влиянии на сагиттальный и фронтальный баланс позвоночника, но и, как отмечает ряд авторов, в корреляции величины локальной деформации с риском развития хронического болевого синдрома и сирингомиелии. Так, у пациентов с локальным кифозом более  $30^\circ$  имеется повышенный риск развития хронического болевого синдрома в области деформации (Bridwell K.H., 2020). Кроме того, у пациентов с грубыми неврологическими нарушениями локальная кифотическая деформация более  $15^\circ$  и/или стеноз позвоночного канала более 25% являются факторами риска развития сирингомиелии, увеличивая вероятность ее появления более чем в 2 раза (Miyao Y. et al., 2020).

Также при планировании хирургического лечения необходимо учитывать характер деформации и ее ригидность. При этом ригидность, по мнению многих авторов, является одним из ключевых параметров, и ее оценка должна входить в обязательный перечень предоперационных обследований (Рерих В.В. с соавт.,



2016; Горбатюк Д. С., Колесов С. В., 2022; Mazel C. et al., 2018). Стандартно степень ригидности деформации оценивается рентгенологически в боковой проекции в положении лежа на спине или в положении гиперэкстензии.

Следующим обязательным этапом предоперационного планирования является оценка сагиттального профиля. В зависимости от наличия нарушений данного параметра некоторыми авторами предлагается разделять пациентов на 2 типа. Пациенты I типа характеризуются наличием очаговой деформации на фоне нормального сагиттального баланса, пациенты II типа имеют не только локальную деформацию, но и нарушения глобального сагиттального профиля (Mazel C. et al., 2018).

На основании данной классификации и оценки ригидности деформации авторами предлагается дифференцированный подход к выбору хирургического лечения. Так, коррекция у пациентов с наличием сагиттального дисбаланса и мобильной деформацией редко требует выполнения вертебротомий и достигается, по мнению авторов, при помощи правильного интраоперационного положения на ортопедическом столе и задней инструментальной фиксацией (Mazel C. et al., 2018; Rajasekaran S. et al., 2018; Faldini C. et al., 2022).

Пациенты с фиксированной посттравматической деформацией, как правило, не поддаются задней коррекции и требуют проведения остеотомии позвоночника (Sun T.S. et al., 2007). Наиболее часто используемые остеотомии — это остеотомия Смита-Петерсена (SPO), остеотомия ножки позвонка (PSO) и трехколонная резекции позвонка (VCR).

У пациентов с нормальным сагиттальным балансом для коррекции локальной кифотической деформации, как правило, выполняется SPO на одном или нескольких уровнях. Также многоуровневая SPO может использоваться для коррекции деформаций с преимущественно кифотическим компонентом в грудном отделе позвоночника, в поясничном отделе при этом более эффективной методикой восстановления сагиттального профиля считается PSO (Колесов С. В., с соавт., 2017; Li J. et al., 2014; Charles Y.P. et al., 2020; Choi H.Y. et al., 2021; Mejia-Munne J.C. et al., 2021). При наличии выраженной локальной деформации с

нарушением сагиттального и фронтального баланса возможно применение VCR (Zhang X.S., et al., 2010; Cecchinato R. et al., 2014; Kose K.C. et al., 2017; Zhao Q.H. et al., 2018; Liu W. et al., 2020).

Ряд авторов отмечает, что объем оперативного вмешательства во многом определяется величиной сагиттального дисбаланса и характером локальной деформации. Так, у пациентов с незначительным глобальным сагиттальным дисбалансом от 2,5 до 5 см и пологим посттравматическим кифозом для полноценной коррекции может быть достаточным выполнение SPO на одном или нескольких уровнях в зависимости от величины и мобильности деформации. У пациентов с более значительным сагиттальным дисбалансом (более 5 см) и резким угловым посттравматическим кифозом обычно требуется выполнение PSO, если деформация локализуется в основном в поясничном отделе и VCR, в случаях расположения деформации в грудном отделе позвоночника (Kose K.C. et al., 2017; Li S. et al., 2017; Kang D. et al., 2022).

В качестве альтернативы описанному подходу может быть использован одномоментный или поэтапный комбинированный доступ (Schmidt S. et al., 2010).

Кроме того, при коррекции деформации в поясничном отделе некоторыми авторами рекомендуется избегать выполнения SPO ввиду возможности формирования ятрогенного фораминального стеноза при закрытии данной остеотомии (Cecchinato R. et al., 2014; Kose K.C. et al., 2017).

В случаях включения в зону фиксации крестца рядом авторов рекомендуется с учетом высокого риска развития псевдоартроза в пояснично-крестцовом переходе выполнять передний межтеловой спондилодез (Zeng Y. et al., 2016; Kobbe P. et al., 2020; Ma Z. et al., 2023). Данная техника не только распределяет нагрузку и повышает скорость образования костного блока, но также позволяет увеличивать поясничный лордоз, оказывая влияние на сагиттальный профиль позвоночника. Передний межтеловой спондилодез может быть выполнен посредством переднего (ALIF) или заднего доступа (TLIF или PLIF).

### **1.7. Результаты хирургического лечения пациентов с посттравматическими деформациями позвоночника**

Частота оперативного лечения пациентов с ПТД позвоночника имеет в последнее время растущую тенденцию. При этом результаты хирургического лечения, опубликованные в мировой литературе, носят в основном обнадеживающий характер и во многом зависят от типа первоначальной травмы, времени прошедшего между травмой и коррекцией деформации, а также от возраста и общего состояния пациента (Li S. et al., 2017; Pishnamaz M. et al., 2020; Wang Q. et al., 2023).

В.В. Malcolm с соавторами (1981) одними из первых сообщили о результатах хирургического лечения 48 пациентов с посттравматическим кифозом, сформировавшимся через 6 месяцев и более после травмы – 12 пациентам было проведено переднее оперативное вмешательство, 16 пациентов были прооперированы из заднего доступа и 20 больным было выполнено комбинированное хирургическое лечение. В послеоперационном периоде болевой синдром значительно уменьшился в 31% случаев и полностью регрессировал у 67% пациентов (Malcolm V.W. et al., 1981).

Позднее J.P. Kostuik и H. Matsusaki (1989) представили результаты лечения 37 пациентов с поздним посттравматическим кифозом, которым декомпрессивно-стабилизирующее вмешательство было проведено передним доступом. У 36 пациентов в результате лечения был сформирован полноценный костный блок, а 78% отметили значительное снижение болевого синдрома. Кроме того, у трех из восьми пациентов с грубым неврологическим дефицитом был отмечен частичный регресс симптоматики (Kostuik J.P., Matsusaki H., 1989).

Схожие результаты были получены спустя несколько лет, когда S.M. Lehmer с соавторами (1994) в своем исследовании сообщили о 38 пациентах с поздним посттравматическим кифозом, получивших одноэтапное лечение с вертебротомией из заднего доступа. Средняя величина коррекции составила 35°. У всех 38 пациентов в результате лечения был отмечен сформировавшийся костный блок, в 93% случаев не было выявлено потери коррекции. Более того,

авторы обнаружили, что у 8 из 14 пациентов с исходными явлениями неврологического дефицита было отмечено значительное улучшение неврологического состояния после операции (Lehmer S.M. et al., 1994).

В более поздних публикациях Y.M. Xi с соавторами (2013) показали отдаленные результаты лечения 19 пациентов с посттравматическим грудопоясничным кифозом, коррекция которого осуществлялась посредством PSO. Средняя величина коррекции составила  $40,2^\circ$  с частотой полноценного восстановления сагиттального профиля в 85,8% и без потери коррекции за весь период наблюдения. Состоятельный костный блок был отмечен у всех 19 пациентов, при этом болевой синдром был уменьшен в среднем с 6,7 до 2,0 баллов по ВАШ (Xi Y.M. et al., 2013).

S. Li с соавторами (2017) сообщили о 12 пациентах с посттравматическим кифозом после неудачного первичного лечения травмы позвоночника. Пяти пациентам коррекция деформации выполнялась при помощи клиновидной остеотомии из заднего доступа, 7 пациентов были прооперированы комбинированным доступом. Авторы отмечают 96% частоту полноценной коррекции после хирургического лечения, а также снижение средних значений болевого синдрома с 4,41 до 1,50 баллов по ВАШ.

Множество других исследований показывают аналогичные, не менее обнадеживающие, результаты. В то же время многие авторы отмечают достаточно высокую частоту осложнений раннего и отдаленного послеоперационного периода у пациентов данного профиля (El-Sharkawi M.M. et al., 2011; Chen F. et al., 2016; Hu W. et al., 2016; Zhao Q.H. et al., 2018; Rahman M.M. et al., 2018; Kobbe P. et al., 2020; Liu F.Y. et al., 2020; Lainé G. et al., 2024).

### **1.8. Осложнения хирургического лечения пациентов с посттравматическими деформациями позвоночника**

К наиболее серьезным осложнениям раннего послеоперационного периода традиционно относят появление или нарастание неврологического дефицита. Несмотря на то, что частота появления неврологических расстройств после

хирургического лечения пациентов описанного профиля выше, чем после операций на позвоночнике в целом, данные, указанные в литературе, значительно различаются и составляют от 9% до 20% (Перих В.В., Борзых К.О., 2016; Bridwell К.Н. et al., 2003; Verlaan J.J. et al., 2004; Cecchinato R. Et al., 2014; Zeng Y. et al., 2013; Avila J.M. et al., 2019).

Более высокая частота неврологических осложнений при лечении ПТД обусловлена рядом факторов. Во-первых, передняя компрессия нервных структур на фоне кифотической деформации, приводит не только к сдавлению содержимого дурального мешка, но и к его натяжению, что вызывает дополнительную непрямую компрессию спинного мозга. Компрометированный таким образом спинной мозг более подвержен дальнейшим повреждениям при коррекции деформации. Во-вторых, у пациентов с ПТД, особенно после травм спинного мозга, может определяться фиксация нервных элементов рубцово-спаечным процессом, что резко увеличивает вероятность их повреждения во время коррекции. В-третьих, хирургическая коррекция ПТД включает в себя выполнение технически наиболее сложных манипуляций, которые могут приводить к ятрогенным стенозам позвоночного канала во время закрытия остеотомии, гофрированию твердой мозговой оболочки или нарушениям васкуляризации спинного мозга (Zeng Y. et al., 2013; Bridwell К. Н., 2020).

Кроме того, у пациентов с ПТД позвоночника отмечаются высокие риски инфицирования области хирургического вмешательства. Частота данных осложнений доходит, по сообщениям некоторых авторов, до 7% (Zeng Y. et al., 2013; Avila J.M. et al., 2019; Gupta A. et al., 2021).

Прочие описанные осложнения включают потерю коррекции, развитие псевдоартроза, проксимального переходного кифоза, нестабильности фиксирующей конструкции и общие медицинские осложнения (Басанкин И.В. с соавт., 2022; Zeng Y. et al., 2013; Shigematsu H. et al., 2014; Li S. et al., 2017; Bridwell К. Н., 2020; Patel S.A. et al., 2020; Pu X. et al., 2023).

## 1.9. Резюме

В целом проведенный анализ научных публикаций показал, что оперативное лечение пациентов с посттравматическими деформациями является одним из наиболее сложных разделов в хирургии позвоночника, в котором хорошие результаты могут быть достигнуты лишь при обязательном учете особенностей биомеханики и глобального баланса позвоночника, использовании достаточной по протяженности фиксации, реконструкции передней опорной колонны позвоночника, применении костной пластики и выполнении ряда других технических приемов, направленных на создание полноценного костного блока в биомеханически благоприятных условиях. При этом частота характерных осложнений остается на сравнительно высоком уровне, несмотря на множество описанных рекомендаций по выбору оптимальной тактики лечения.

Полноценная диагностика с учетом основных характеристик и клинорентгенологических особенностей ригидных ПТД способствует правильному выбору оптимального объема оперативного вмешательства, что является крайне важным для улучшения результатов лечения пациентов с рассматриваемой патологией. Однако, несмотря на то что в профильных публикациях описано множество различных методик определения оптимальной тактики хирургического лечения, их валидность и эффективность еще необходимо проверять с помощью большего числа клинических случаев.

Анализ научных публикаций соответствующего профиля показал, что эффективность различных вариантов лечения пациентов с ригидными ПТД позвоночника изучена недостаточно, особенно в сравнительном плане. При этом выбор метода хирургической коррекции зачастую зависит от индивидуальных предпочтений оперирующего хирурга и оснащенности медицинского учреждения.

Кроме того, в профильной научной литературе отсутствует единое мнение относительно факторов риска развития осложнений оперативного лечения и их значимости, что, с учетом частоты встречаемости рассматриваемой патологии также требует дополнительного изучения. При этом существующие алгоритмы планирования оперативного вмешательства не уделяют достаточного внимания

факторам риска развития специфических осложнений, что определяет необходимость выявления таких факторов и совершенствования методики предоперационного обследования пациентов соответствующего профиля. Перечисленные выше нерешенные вопросы определили направленность нашего диссертационного исследования, его цель и задачи.

## ГЛАВА 2

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

#### 2.1. Структура и общая характеристика диссертационного исследования

Структура представленной диссертационной работы основана на изучении ранних, среднесрочных и отдаленных результатов хирургического лечения пациентов с ригидными ПТД груднопоясничного отдела позвоночника. При этом определялись клиничко-рентгенологические характеристики ПТД позвоночника, проводилось изучение сравнительной эффективности различных вариантов оперативного лечения, а также анализ факторов риска развития осложнений у пациентов данного профиля.

Первым этапом, в ходе ретроспективного клиничко-рентгенологического анализа когорты включавшей 91 пациента с ПТД позвоночника, нами была проведена оценка величины локального кифоза, основных параметров позвоночно-тазовых соотношений, степени неврологических нарушений, уровня и локализации болевого синдрома, а также оценка качества жизни пациентов изучаемого профиля. Оценка рентгенологических параметров проводилась по данным телерентгенограмм позвоночника в прямой и боковой проекциях. Клинические проявления данной патологии оценивались с использованием шкал анализа неврологического дефицита по ASIA, болевого синдрома по ВАШ и качества жизни по ODI. Изучение описанных параметров позволило решить первую задачу диссертационного исследования.

На втором этапе диссертационной работы, в рамках решения второй и третьей задач, нами была проанализирована эффективность хирургического лечения пациентов. Для этого пациенты первичной когорты были разделены на 2 группы на основании типа хирургического лечения.

В первую группу вошли 44 пациента, которым было проведено двухэтапное оперативное лечение комбинированным доступом (Vertebral Column Resection anterior + posterior; VCR a+p) с вертебротомией 5-го типа по Schwab, коррекцией деформации, установкой межтелового имплантата из переднего доступа с



последующей фиксацией ригидными транспедикулярными системами из заднего доступа.

Вторая группа включала 47 пациентов, у которых декомпрессивно-стабилизирующая операция (5 тип по Schwab) с коррекцией деформации, установкой межтелового имплантата и ригидной транспедикулярной фиксацией была выполнена из заднего доступа (VCR p).

Первичный анализ в группах не выявил статистически значимых различий в распределении пациентов по полу, возрасту, рентгенологическим и основным клиничко-неврологическим параметрам, что позволило в дальнейшем объективно оценивать результаты лечения в сравнительном плане.

Так, в группах изучалась степень коррекции деформации, изменения сагиттального профиля и позвоночно-тазовых соотношений после операции, длительность и травматичность хирургического вмешательства, продолжительность госпитализации, а также динамика клиничко-неврологических проявлений.

Кроме того, были проанализированы частота и характер осложнений проведенного хирургического лечения как в раннем, так и в отдаленном послеоперационном периодах. Отдельно в общей когорте пациентов были изучены факторы риска развития неудовлетворительных исходов хирургического лечения. Минимальный период наблюдения пациентов после оперативного лечения был равен 2 годам. Для полученных в ходе данного анализа факторов были определены статистическая значимость, пороговая величина и степень оказываемого влияния на развитие соответствующих осложнений.

Третий этап включал в себя проспективную часть исследования, в которой 30 пациентов с ригидными ПТД груднопоясничного отдела позвоночника были прооперированы с учетом факторов риска развития неудовлетворительных результатов лечения, определенных в ретроспективной части исследования. Эффективность хирургического лечения пациентов данной группы оценивалась на основании динамики клиничко-неврологического статуса, восстановления позвоночно-тазовых соотношений, а также анализа осложнений раннего и

отдаленного послеоперационного периода. Минимальный срок наблюдения также составил 2 года. Проведенный на данном этапе исследования анализ позволил решить четвертую задачу диссертационной работы.

На четвертом этапе исследования на основании совокупности полученных данных в предоперационное обследование были включены дополнительные рентгенологические параметры, ассоциированные с риском развития болевого синдрома в поясничном отделе в отдаленном периоде. Оценка данных параметров способствует определению оптимальной тактики хирургического лечения пациентов соответствующего профиля и, таким образом, позволяет реализовать пятую задачу диссертационного исследования.

Хирургическое лечение большинства пациентов, включенных в исследование, выполнялось с участием диссертанта, при этом статистический анализ и оценка его результатов проводились непосредственно диссертантом.

### **2.1.1. Ретроспективный анализ**

В ретроспективное когортное исследование был включен 91 пациент, проходивший лечение по поводу застарелой посттравматической деформации грудопоясничного отдела позвоночника с 2010 по 2019 г.

Критериями включения являлись наличие ригидной посттравматической деформации грудопоясничного отдела позвоночника давностью более 3 месяцев у пациентов старше 18 лет с величиной локального кифоза более 35° и вертеброгенным болевым синдромом. Ригидность деформации при этом была подтверждена по данным КТ на основании наличия костного блока. Кроме того, минимальный период наблюдения пациентов после оперативного лечения был равен 2 годам.

К критериям исключения относили неврологический дефицит А–С по ASIA, сопутствующей ревматологической патологии (РА, СКВ), сахарного диабета, остеопороза тяжелой степени (Т критерий более - 2,5), а также проведенное ранее по поводу данной патологии хирургическое лечение и отсутствие полноценного рентгенологического обследования.

Пациенты общей когорты были разделены на две группы в зависимости от проведенного оперативного вмешательства.

Первая группа (VCR a+p) включала 44 пациента, которым было проведено комбинированное двухэтапное оперативное лечение из переднего и заднего доступов. Пациентам данной группы во время переднего этапа выполнялась резекция передней продольной связки, остеофитов, элементов фиброзного или костного сращения с целью мобилизации сегмента. После этого проводилась резекция поврежденного позвонка со смежными межпозвонковыми дисками (Schwab 5), коррекция локальной деформации и установка межтелового импланта. Вторым этапом из заднего доступа выполнялась транспедикулярная фиксация и декомпрессия позвоночного канала с резекцией задних элементов соответствующего позвонка. При отсутствии необходимости дорсальной мобилизации задняя стабилизация выполнялась минимально инвазивно системами чрескожной транспедикулярной фиксации.

Вторая группа (VCR p) состояла из 47 пациентов, которым хирургическое лечение было выполнено из заднего доступа. Объем оперативного вмешательства включал резекцию поврежденного позвонка со смежными межпозвонковыми дисками, декомпрессию нервных структур, мобилизацию сегмента с коррекцией деформации, передний корпородез межтеловым имплантом и транспедикулярную фиксацию.

У пациентов описанных групп выполнялся анализ функциональных рентгенограмм грудопоясничного отдела в боковой проекции с максимальным сгибанием и разгибанием до операции, а также до- и послеоперационных телерентгенограмм позвоночника в двух проекциях. Анализ функциональных рентгенограмм подтверждал ригидность деформации, в то время как ключевые параметры позвоночно-тазовых соотношений и глобального баланса изучались по результатам телерентгенографического исследования. Кроме того, у всех пациентов оценивалась минеральная плотность костной ткани (МПКТ) по данным денситометрии.

Описанный выше объем обследований позволил получить достаточное количество информации о глобальном балансе позвоночника, подтвердить ригидность локальной деформации и оценить состояние костной ткани.

Эффективность проведенного лечения оценивалась на основании анализа динамики клинических проявлений по результатам контрольных осмотров через 3, 6, 12, 18 и 24 месяца, а также на основании анализа осложнений раннего и отдаленного послеоперационного периодов.

Полученные в ходе ретроспективной части исследования данные позволили сформировать выборку пациентов для проспективного анализа.

### **2.1.2. Проспективный анализ**

В проспективном когортном исследовании приняло участие 30 человек с ригидными ПТД груднопоясничного отдела позвоночника после оперативного лечения в НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена с 2019 по 2021 г.

На основании данных, полученных в ходе ретроспективного исследования с целью оценки эффективности мер профилактики неудовлетворительных исходов лечения, нами была сформирована соответствующая когорта пациентов для получения статистически значимых результатов.

Основной задачей проспективного этапа исследования являлся анализ частоты развития болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника после оперативного лечения пациентов с ригидными ПТД груднопоясничного отдела позвоночника на фоне низких возможностей компенсации нарушений сагиттального профиля. Для этого группа проспективной части исследования была сформирована на основании узких критериев включения и исключения. Так, в данную группу вошли пациенты с ригидной ПТД груднопоясничного отдела позвоночника на фоне низких значений тазового индекса ( $PI < 51^\circ$ ).

Критериями исключения, как и в ретроспективной части исследования, являлись наличие неврологического дефицита А-С по ASIA, сопутствующей ревматологической патологии (РА, СКВ), сахарного диабета, остеопороза тяжелой

степени (Т критерий более - 2,5), а также предшествующее хирургическое лечение.

Пациенты проспективной части исследования были прооперированы из дорсального доступа по методике, описанной в ретроспективной части исследования, при этом особенное внимание уделялось коррекции локальной кифотической деформации.

Отдаленные результаты удалось отследить у всех пациентов проспективной группы с минимальным сроком наблюдения в 2 года.

Анализ результатов лечения проводился на основании клинорентгенологического обследования, анкетирования пациентов и оценки осложнений. На данном этапе исследования были уточнены показания для различного объема оперативного вмешательства, а также сформулированы рекомендации по профилактике осложнений на основании выявленных ранее факторов риска их развития у пациентов изучаемого профиля.

## **2.2. Изучаемые явления**

В ретроспективной и проспективной частях исследования проводилось изучение следующих параметров до операции:

1. Параметры глобального баланса: CSVL, SVA
2. Позвоночно-тазовые параметры: ТК, LL, PT, PI, SS
3. Величина локального кифоза
4. Стабильность деформации
5. Функциональные результаты по шкалам VAS, ODI

Интраоперационных показателей:

1. Продолжительность операции
2. Объем интраоперационной кровопотери

Показателей раннего послеоперационного периода:

1. Время активизации пациентов
2. Продолжительность госпитализации
3. Объем дренажной кровопотери

4. Остаточная величина локального кифоза
5. Параметры глобального баланса: CSVL, SVA
6. Позвоночно-тазовые параметры: ТК, LL, PT, PI, SS
7. Осложнения раннего послеоперационного периода

Показателей среднесрочного и отдаленного послеоперационных периодов:

1. Функциональные результаты по шкалам VAS, ODI.
2. Осложнения среднесрочного и отдаленного послеоперационных периодов

## **2.3. Методики обследования пациентов**

### **2.3.1. Клинические методы**

При сборе анамнеза у пациентов особое внимание уделялось механизму первичной травмы и срокам, прошедшим с ее момента. У всех пациентов проводилась оценка уровня болевого синдрома с использованием визуально аналоговой шкалы. При этом отдельно оценивался локальный болевой синдром в спине и боли, иррадиирующие в ноги. Кроме того, анализ болевого синдрома проводился в зависимости от осевой нагрузки в положении пациента лежа и стоя.

Неврологический статус оценивался у пациентов с использованием широко известных методик обследования. Так, наличие симптомов натяжения определялись пробами Ласега и Нери. Мышечная сила в ногах определялась при помощи шкалы Medical Research Council Scale (MRC) (1981).

Соматический статус пациентов перед операцией оценивался на основании классификации физического статуса, предложенной Американской Ассоциацией Анестезиологов (ASA) (табл. 2.1).

## Классификация физического статуса пациента ASA

ASA Physical Status Classification System, 2014	
ASA I	Здоровый пациент
ASA II	Пациент с легким системным заболеванием
ASA III	Пациент с тяжелым системным заболеванием
ASA IV	Пациент с тяжелым системным заболеванием, которое представляет собой постоянную угрозу для жизни
ASA V	Умиравший пациент. Операция по жизненным показаниям
ASA VI	Констатирована смерть мозга, органы удаляются для донорства

Кроме того, допуск пациентов на плановое оперативное лечение осуществлялся при отсутствии обострений хронических соматических заболеваний, а также очагов хронической инфекции. Дополнительные методы исследования при необходимости назначались специалистами консультативного отделения.

### 2.3.2. Лабораторные методы обследования

У всех пациентов предоперационно проводился стандартный комплекс лабораторных исследований:

- 1) клинический анализ крови;
- 2) биохимический анализ крови (общий белок, С-реактивный белок, билирубин, АЛТ, АСТ, глюкоза, мочевины, креатинин);
- 3) коагулограмма (АЧТВ, МНО, фибриноген, протромбиновый индекс);
- 4) Ф50, RW, HBsAg, anti-HCV,
- 5) группа крови и резус фактор.

В послеоперационном периоде также оценивалась динамика стандартных лабораторных показателей клинического, биохимического анализов и показателей свертываемости крови.

### 2.3.3. Рентгенография

Рентгенографическое обследование было проведено у всех пациентов, включенных в данную работу. На этапе предоперационного планирования оценивались величина локальной деформации, поясничного лордоза и грудного кифоза, а также нарушения глобального баланса позвоночника и позвоночно-тазовые соотношения. Анализ данных параметров выполнялся с использованием программного обеспечения Surgimap (Nemaris, США) (рис. 2.1).

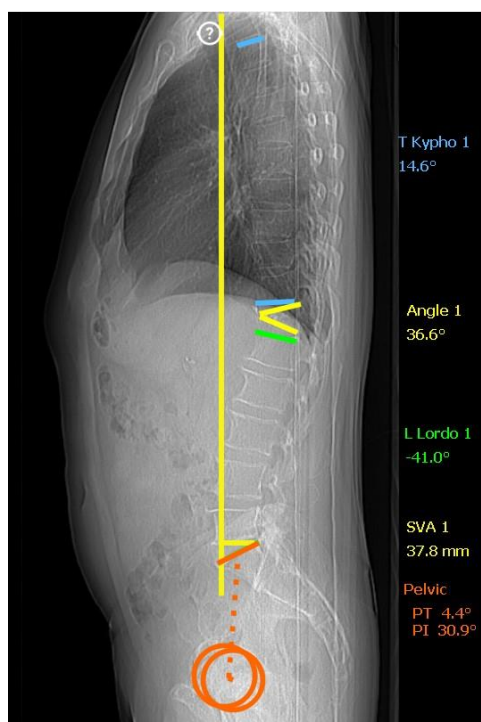
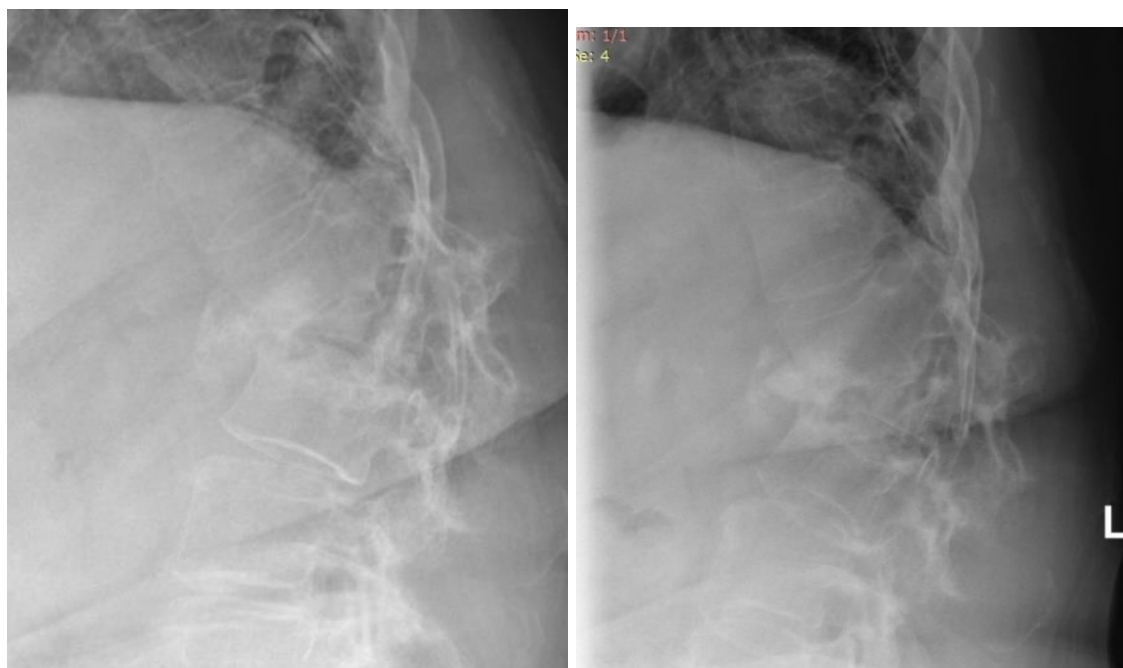


Рис. 2.1. Измерение параметров локальной деформации, глобального баланса и позвоночно-тазовых отношений при помощи программы Surgimap

Кроме того, всем пациентам проводилось функциональное рентгенологическое исследование груднопоясничного отдела позвоночника в боковой проекции с максимальным сгибанием и разгибанием (рис. 2.2).





а

б

Рис. 2.2. Измерение величины локальной деформации по функциональным рентгенограммам: а – рентгенограмма пациента до операции в боковой проекции с максимальным сгибанием; б – рентгенограмма того же пациента в боковой проекции с максимальным разгибанием

По результатам данного исследования оценивались стабильность локальной деформации, которая подтверждалась по КТ, а также функциональные возможности смежных отделов позвоночника.

Анализ результатов лечения включал в себя оценку параметров локальной деформации, изменений показателей поясничного лордоза и грудного кифоза (LL и ТК), а также глобального баланса (SVA, CSVL) и положения таза (PI, PT, SS) после оперативного лечения и в отдаленном периоде наблюдения.

Кроме того, рентгенологическое обследование, проведенное после оперативного лечения, позволяло оценить корректность положения металлоконструкции и ее стабильность.

#### 2.3.4. Компьютерная томография

Ригидность посттравматической деформации рассматривалась нами в качестве одного из критериев включения пациентов в исследование. Таким

образом, в данное исследование вошли пациенты, у которых по данным КТ был выявлен костный блок по передней поверхности тел позвонков на уровне посттравматической деформации (рис. 2.3).



Рис. 2.3. КТ пациента перед операцией показало наличие костно-фиброзного блока по передней поверхности тел позвонков на уровне деформации

После операции КТ проводили у пациентов с подозрением на неправильное положение фиксирующих элементов и с признаками нестабильности металлоконструкции в более позднем периоде наблюдения.

### **2.3.5. Магнитно-резонансная томография**

МРТ позвоночника выполнялось в случаях наличия неврологического дефицита, радикулярной симптоматики или других признаков компрессии нервных структур (рис. 2.4).

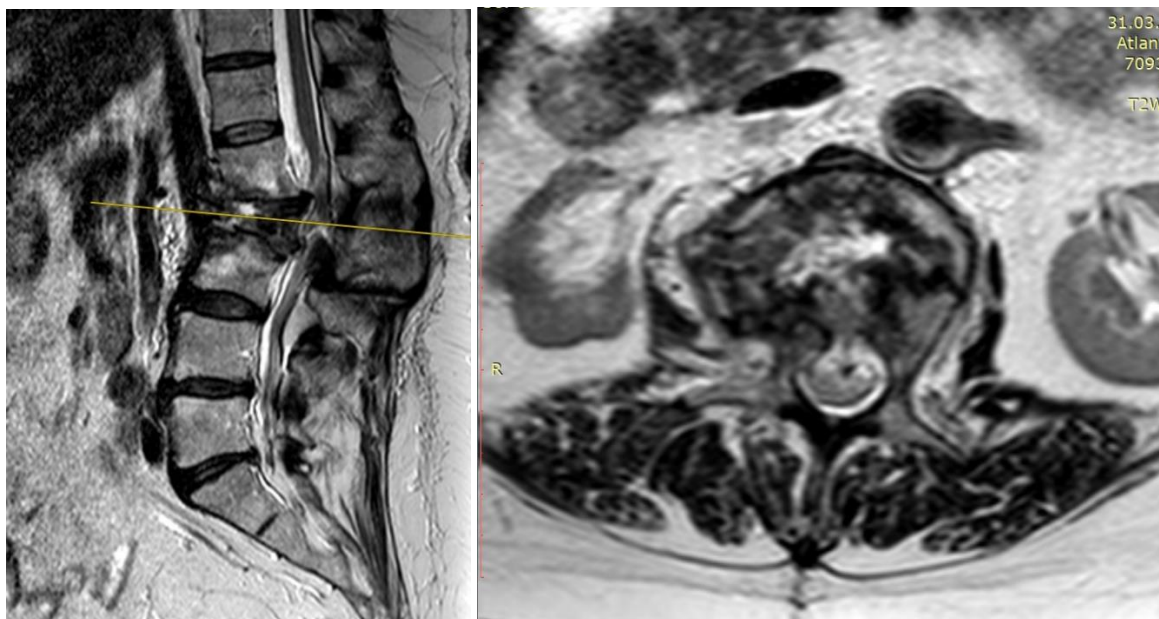


Рис. 2.4. МРТ пациента перед оперативным лечением. Определяется стеноз позвоночного канала с элементами передней компрессией нервных структур на уровне деформации

В послеоперационном периоде МРТ проводилась у пациентов с признаками появления или прогрессирования дегенеративной патологии в смежных отделах позвоночника.

### 2.3.6. Ультразвуковая диагностика

Ультразвуковое обследование сосудов нижних конечностей проводилось у всех пациентов в предоперационном периоде с целью оценки состояния артерий, а также глубоких и поверхностных вен.

Ультразвуковое обследование сосудов головы и шеи перед хирургическим лечением проводилось у пациентов с признаками недостаточности мозгового кровообращения после консультации невролога.

### 2.3.7. Оценочные шкалы

Функциональные результаты хирургического лечения оценивались в проведенном нами исследовании с использованием опросника нарушения жизнедеятельности Oswestry (Oswestry Disability Index – ODI). Данный опросник заполняется пациентом и дает возможность оценить влияние болевого синдрома

на самообслуживание, сон, общественную жизнь, передвижение в пространстве. Опросник Oswestry широко применяется в научных исследованиях различной патологии позвоночника (Repo J.P. et al., 2019; Jeon C.H. et al., 2021).

Индекс Oswestry может быть рассчитан как в баллах, так и в процентах. Максимальная степень нарушения жизнедеятельности соответствует максимальному количеству баллов (50) или максимальному проценту (100). Для русскоязычного населения ODI был валидирован в 2016 г. (Yu E.M. et al., 2016).

Динамика болевого синдрома оценивалась по общепринятой в медицинских исследованиях визуально-аналоговой шкале (ВАШ, Visual Analog Scale – VAS). Начало шкалы соответствует отсутствию болевого синдрома (0 баллов), а конец шкалы (10 баллов) обозначает максимально выраженный болевой синдром. При этом оценка степени тяжести болевого синдрома проводилась отдельно при болях в области позвоночника и при иррадиации болей в ноги.

Анализ неврологического дефицита проводился с использованием шкалы ASIA (American Spinal Injury Association). В зависимости от степени неврологических нарушений все больные были классифицированы следующим образом:

А — полное повреждение: отсутствие двигательных и чувствительных функций ниже уровня повреждения.

В — неполное: двигательные функции отсутствуют ниже уровня повреждения, но сохранена чувствительность в S4-S5 сегментах;

С — неполное: двигательные функции сохранены ниже уровня повреждения, сила мышц менее 3 баллов;

Д — неполное: двигательные функции сохранены ниже уровня повреждения, сила больше или равна 3 баллам;

Е — норма: двигательные и чувствительные функции не нарушены.

Пациенты с нарушениями степени А-С не были включены в проведенное исследование.

### **2.3.8. Анализ осложнений**

Все осложнения оперативного лечения были разделены на значительные и незначительные. Среди соматических осложнений были выделены легочные, желудочно-кишечные, гематологические, неврологические, сердечные, почечные и прочие. Осложнение, которое отрицательно сказалось на выздоровлении пациента, считалось значительным.

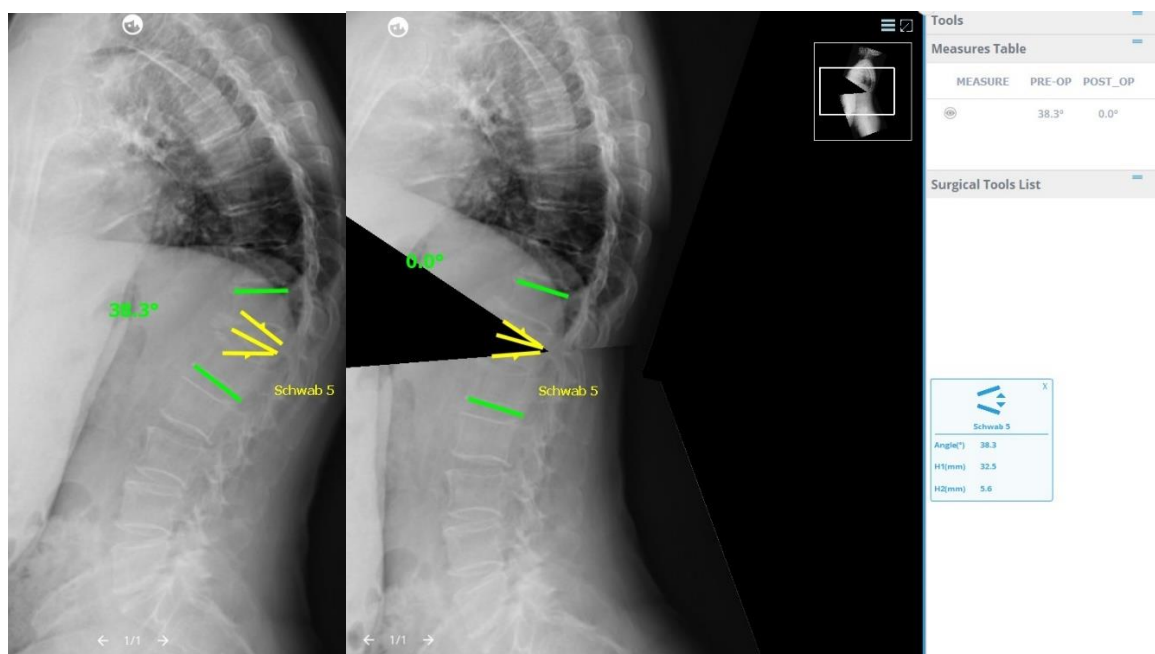
Осложнение, которое было отмечено в медицинской документации, но не повлияло на выздоровление пациента, считалось незначительным. Все осложнения хирургического характера требующие проведения повторного оперативного вмешательства, относились к значительным осложнениям.

Кроме того, была проведена оценка осложнений относительно сроков их развития. Так, были выделены ранние осложнения, возникшие в первые 3 месяца после оперативного лечения, и поздние осложнения, развившиеся в отдаленном периоде наблюдения.

## **2.4. Особенности предоперационного планирования**

Всем пациентам на этапе предоперационного планирования проводилось измерение основных показателей глобального баланса позвоночника и позвоночно-тазовых соотношений по результатам телерентгенографического обследования. Необходимый угол коррекции деформации рассчитывался в программе Surgimap (Nemaris, США).

Кроме того, с использованием данного программного обеспечения также прогнозировался предполагаемый результат хирургического лечения (рис. 2.5).



а

б

Рис. 2.5. Предоперационное планирование величины коррекции деформации при помощи программы Surgimar: а – телерентгенограмма пациента до операции в боковой проекции; б – телерентгенограмма того же пациента в боковой проекции с планированием остеотомии

## 2.5. Техника оперативного вмешательства в группе комбинированного доступа

Двухэтапное оперативное лечение комбинированным доступом (резекция тела с установкой межтелового импланта из переднего доступа и транспедикулярная фиксация с декомпрессией позвоночного канала из заднего) выполнялось под комбинированным эндотрахеальным наркозом. Данное двухэтапное хирургическое лечение выполнялось в одну операционную сессию. Первым этапом при этом было вмешательство из переднего доступа.

### 2.5.1. Вентральный этап

#### Операционный доступ

Положение пациента – на правом боку с валиками под поясничный отдел позвоночника и под плечевым суставом. Груднопоясничный отдел располагается в проекции излома ортопедического стола для возможности дополнительного увеличения межпозвонкового пространства.

После предварительной рентгенологической разметки при помощи электрооптического преобразователя (ЭОП), выполнялся передне-боковой доступ к телам позвонков на уровне деформации. Трансторакальный доступ применялся при повреждениях на уровне Th11, Th12 и L1 позвонка. Скальпелем выполнялся разрез кожи длиной до 15 см вдоль ребра в проекции поврежденного позвонка. Послойно выделялось ребро и проводилась торакотомия по верхнему краю ребра. При необходимости доступ был расширен за счет резекции одного ребра. Доступ непосредственно к передне-боковой поверхности позвонков осуществлялся через плевральную полость после частичного коллабирования легкого.

Доступ к L2 позвонку осуществлялся внеплеврально забрюшинно. Скальпелем выполнялся разрез кожи длиной до 15 см в промежутке между нижними ребрами и гребнем подвздошной кости. Далее рассекалась фасция наружной косой мышцы, после чего при помощи тупой диссекции через мышцы брюшной стенки обнажалась поперечная фасция и затем аккуратно отодвигалась ладонью руки для входа в забрюшинное пространство. Таким образом открывался доступ к поясничной мышце, которая мобилизовалась и отводилась кзади, открывая доступ к передне-боковой поверхности тел позвонков.

### **Вертебротомия (5-й тип по Schwab)**

Для безопасного удаления тела позвонка предварительно лигировались сегментарные артерии и вены на данном уровне. С использованием рентгенологического контроля определялись границы смежных замыкательных пластинок интактных позвонков, после чего удалялись смежные межпозвонковые диски. Тело поврежденного позвонка удалялось с помощью кусачек с целью сохранения костных фрагментов и их последующего использования для спондилодеза. На данном этапе при необходимости выполнялась передняя декомпрессия позвоночного канала. Передняя продольная связка и элементы костного блока резецировались до появления полноценной мобильности сегмента, а замыкательные пластинки смежных позвонков подготавливались к имплантации меша. Далее при помощи специального дистрактора, установленного в межтеловой промежутке под рентгенологическим контролем, проводилась

репозиция позвонков с коррекцией кифотического компонента деформации. Затем выполнялась установка межтелового импланта, в качестве которого использовался раздвижной лифт-кейдж либо стандартный сетчатый титановый кейдж, заполненный костными фрагментами удаленного тела позвонка. Корректность положения импланта оценивалась рентгенологически во фронтальной и сагиттальной плоскости.

### **Закрытие раны**

Послеоперационную рану ушивали послойно по стандартной методике. Плевральную полость дренировали трубкой диаметром 10 мм. При закрытии доступа на L2 позвонок дренаж устанавливался в забрюшинное пространство.

### **2.5.2. Дорсальный этап**

Вторым этапом в одну операционную сессию выполнялся дорсальный этап хирургического лечения. При необходимости выполнения декомпрессии стабилизация выполнялась стандартными транспедикулярными системами ригидной фиксации.

### **Операционный доступ**

При открытой методике разрез кожи выполнялся после рентгенологической разметки по срединной линии длиной до 20 см. Послойно рассекались подкожно-жировая клетчатка и фасция. Паравертебральные мышцы были скелетированы, открывая доступ к задним структурам позвоночника.

### **Декомпрессия нервных структур**

Выполнялась декомпрессия на заинтересованном уровне в объеме резекции фасеток дугоотростчатых суставов. В единичных случаях объем декомпрессии доходил до ламинэктомии на одном уровне.

### **Стандартная транспедикулярная фиксация**

После реконструкции позвоночного канала выполнялась установка транспедикулярных винтов по методике «свободной руки». Далее, при корректном положении винтов по рентгенологическому контролю, в головки винтов



устанавливались и окончательно фиксировались в положении компрессии предварительно отмоделированные стержни.

### **Чрескожная транспедикулярная фиксация**

В случаях отсутствия признаков задней компрессии нервных структур фиксация проводилась транспедикулярными системами чрескожной стабилизации. Установка фиксирующих элементов проводилась из отдельных разрезов длиной до 1,5 см в проекции корней дуг позвонков. Для этого под рентгенологическим контролем (прямая проекция) устанавливались иглы Джамшиди в центр основания поперечных отростков. Иглы продвигались от наружного до внутреннего края корня дуги позвонка. При этом если при рентгенологическом контроле в боковой проекции острие иглы вошло в тело позвонка, то положение считалось корректным. Далее иглы продвигались на  $\frac{3}{4}$  от длины тела позвонка, после чего внутренняя часть иглы удалялась. В иглы вставлялись спицы, по которым специальным канюлированным инструментарием формировались каналы и устанавливались винты. После рентгенологической оценки положения фиксирующих элементов в головки винтов устанавливались предварительно отмоделированные стержни. Далее стержни фиксируются блокираторами в состоянии компрессии.

### **Закрытие раны**

Ушивание ран проводилось по стандартной методике. Пациенты активизировались на 1-2 день после операции.

### **2.5.3. Клинический пример двухэтапного оперативного лечения пациента с ригидной ПТД из комбинированного доступа**

Пациентка М. 68 лет. Диагноз: последствия ПСМТ, ригидная посттравматическая деформация грудопоясничного отдела позвоночника вследствие консолидированного перелома Th12 позвонка. Поступила с жалобами на выраженные боли в грудопоясничном отделе позвоночника, незначительные боли в ногах, наличие деформации позвоночника.

В анамнезе перелом Th12 позвонка (тип А3 по F. Magerl) после консервативного лечения 11 месяцев назад и на этапе предоперационного обследования был подтвержден консолидированный перелом тела Th12 позвонка со стенозированием позвоночного канала на данном уровне и наличием вентрального костно-фиброзного сращения на уровне Th11-L1 (рис. 2.7, 2.8).

Уровень болевого синдрома в спине по VAS составлял 8 баллов. Уровень болевого синдрома в ногах по ВАШ составлял 2 балла. Индекс ODI был равен 44. Неврологический дефицит E по ASIA. Величина локальной кифотической деформации составляла  $36,3^\circ$ . Также было отмечено умеренное нарушение сагиттального баланса (SVA 48,3 мм) на фоне задействованных компенсаторных механизмов (уменьшение ТК, увеличение LL, ретроверсия таза и сгибание в тазобедренных суставах) (рис. 2.6 а). Во фронтальной плоскости значимых нарушений коронарного баланса выявлено не было (рис. 2.6 б).

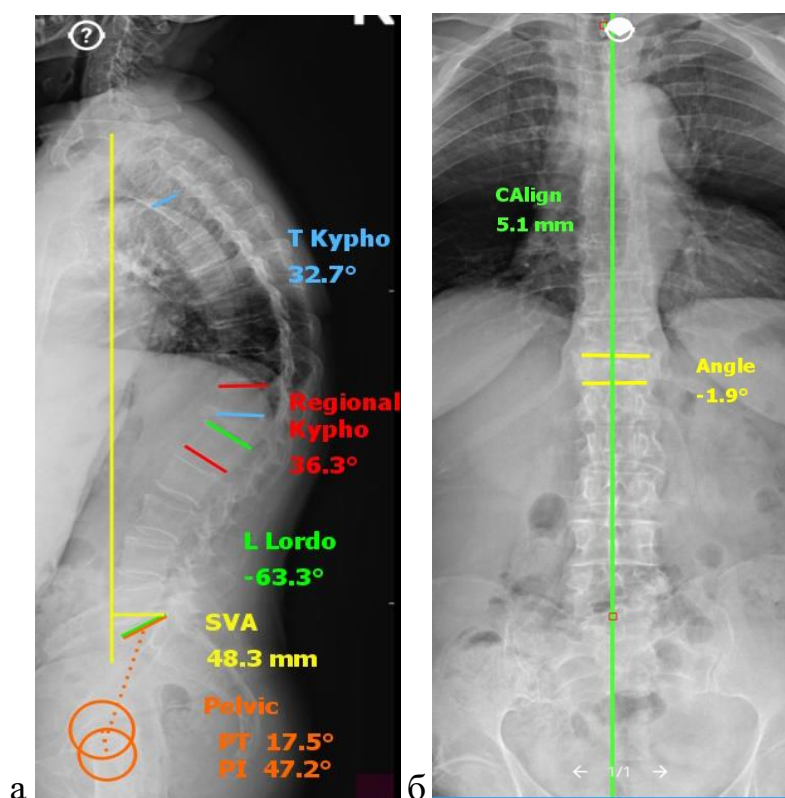


Рис. 2.6. Пример измерения основных рентгенологических параметров пациентки М. 68 лет при помощи программы Surgimar: а – телерентгенограмма до операции в боковой проекции. Определяется локальная кифотическая деформация  $36,3^\circ$ ; умеренное нарушение сагиттального баланса (SVA 48,3 мм); б – телерентгенограмма до операции в прямой проекции. Баланс позвоночника во фронтальной плоскости в пределах допустимых значений

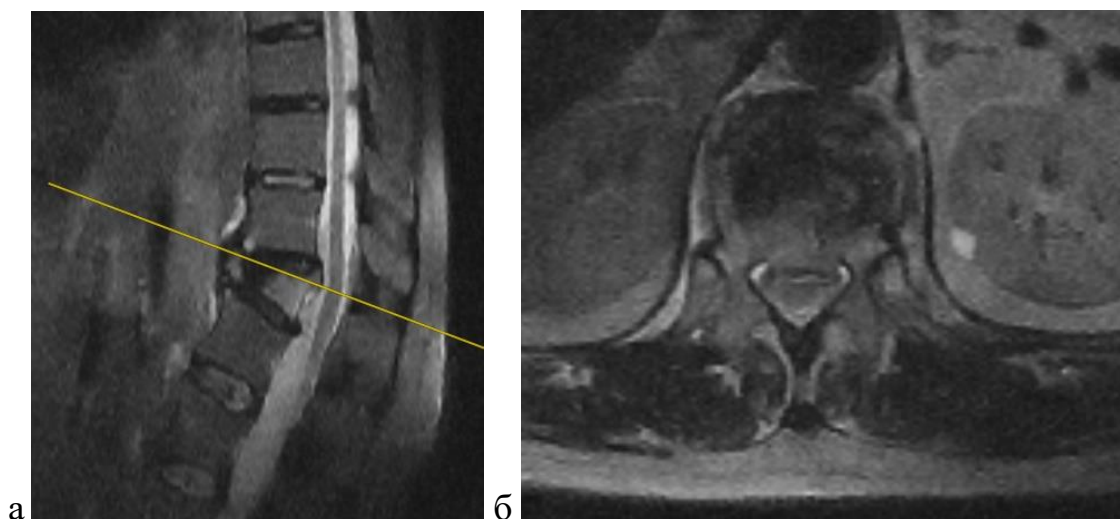


Рис. 2.7. МРТ пациентки М. 68 лет до операции: а – МРТ до операции в сагиттальном срезе; б – МРТ до операции в аксиальном срезе.

Определяется стеноз позвоночного канала преимущественно за счет передней компрессии телом Th12 позвонка



Рис. 2.8. КТ пациентки М., 68 лет до операции: на сагиттальных срезах определяется передний костно-фиброзный блок на уровне Th11-L1.

Предварительное планирование вертебротомии при помощи программного обеспечения Surgimar позволило рассчитать необходимую величину остеотомии и размер межтелового имплантата (рис. 2.9).



Рис. 2.9. Пример предоперационного планирования величины коррекции деформации пациентки М. 68 лет при помощи программы Surgimap: а – телерентгенограмма до операции в боковой проекции; б – телерентгенограмма в боковой проекции с планированием остеотомии

На основании проведенного обследования пациентке было выполнено двухэтапное хирургическое лечение в одну операционную сессию. Первым этапом из вентрального доступа были выполнены резекция тела Th12 позвонка, коррекция деформации и установка межтелового кейджа с аутокостным трансплантатом на уровне Th11-L1. Вторым этапом из дорсального доступа была выполнена транспедикулярная фиксация Th10-Th11-L1-L2 (рис. 2.10).

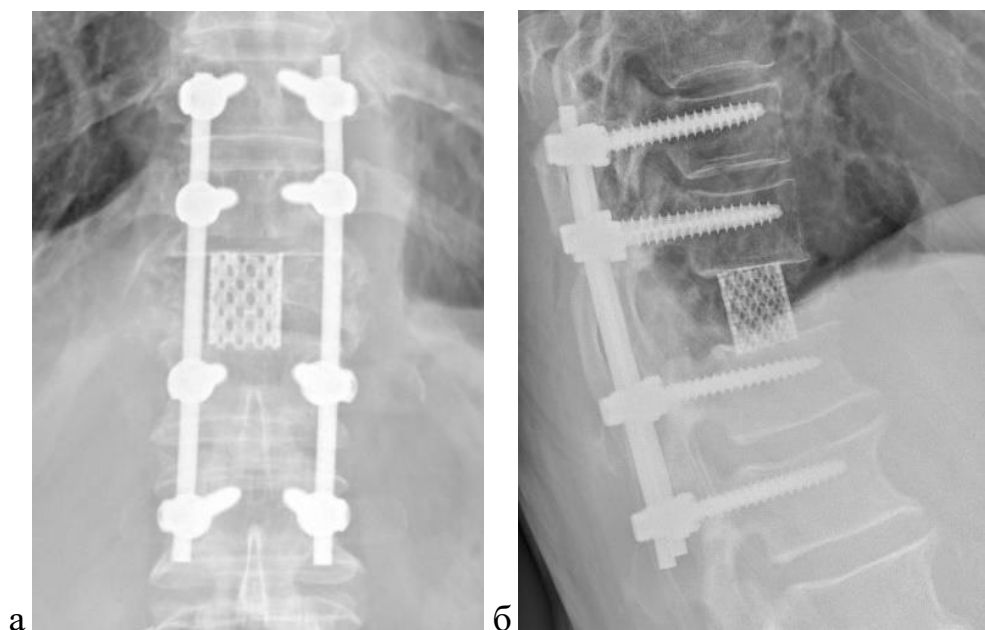


Рис. 2.10. Послеоперационные рентгенограммы пациентки М., 68 лет:  
а – рентгенограмма в прямой проекции; б – рентгенограмма в боковой проекции.  
Визуализируется установленная транспедикулярная система на уровне Th10-Th11-  
L1-L2 межтеловой кейдж с аутокостным трансплантатом на уровне Th11-L1

По результатам послеоперационного рентгенологического обследования остаточная деформация в сагиттальной плоскости составила  $11,8^\circ$ , во фронтальной плоскости -  $0,8^\circ$ , кроме того, была отмечена коррекция сагиттального профиля (SVA  $30,5$  мм), а также снижение выраженности компенсаторных механизмов в виде уменьшения поясничного лордоза (LL  $-40,8^\circ$ ) (рис. 2.11).

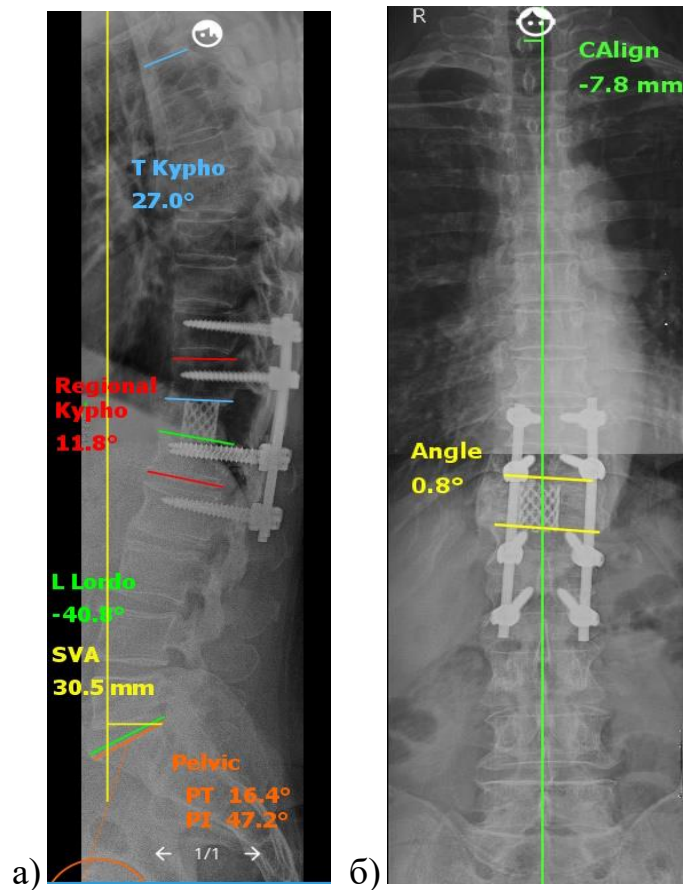


Рис. 2.11. Телерентгенограммы пациентки М., 68 лет после операции: а) телерентгенограмма в боковой проекции. Определяется остаточная локальная кифотическая деформация 11,8°; б) телерентгенограмма в прямой проекции. Определяется остаточная локальная деформация во фронтальной плоскости 0,8°.

Продолжительность операции 240 мин, интраоперационная кровопотеря 500 мл. Дренажная кровопотеря 100 мл. Пациентка активизирована на второй день. В раннем послеоперационном периоде осложнений не выявлено. Продолжительность периода послеоперационной госпитализации 7 дней.

## 2.6. Техника оперативного вмешательства в группе дорсального доступа

Оперативное лечение из дорсального доступа (декомпрессия, резекция тела позвонка с установкой межтелового импланта и транспедикулярная фиксация) выполнялось под комбинированным эндотрахеальным наркозом в положении больного на животе.



## **Операционный доступ**

После предварительной рентгенологической разметки, выполнялся стандартный срединный доступ. Рассекалась кожа, подкожно-жировая клетчатка, фасция. Паравerteбральные мышцы субпериостально скелетировались, открывая доступ к задним структурам позвоночника.

### **Транспедикулярная фиксация**

С учетом выделенных анатомических ориентиров под рентгенологическим контролем выполнялась установка транспедикулярных винтов методом “свободной руки”. При этом в зону фиксации включалось не менее двух позвонков краниальнее и каудальнее уровня вертебротомии.

### **Вертебротомия (5 тип по Schwab)**

Перед резекцией задних структур позвонков в грудном отделе выделялись ребра на протяжении 3-4 см от их головок и производилась резекция по одному ребру с каждой стороны. Затем посредством резекции суставных отростков и дужек позвонков уровня остеотомии и смежных с ним выполнялась ламинэктомия. Данный объем ламинэктомии рекомендован для визуального контроля нервных структур во время коррекции. Далее выполнялось удаление корней дуг позвонка уровня резекции и мобилизация нервных корешков. При необходимости на грудном отделе выполнялась перевязка корешков. Передне-боковая поверхность тела позвонка выделялась поочередно с каждой стороны при помощи элеваторов, для защиты магистральных сосудов устанавливались ретракторы. Следующим этапом выполняли резекцию тела позвонка. При этом для предотвращения смещения позвонков резекцию выполняли поочередно, установив предварительно стержень на контралатеральной стороне. Особое внимание уделялось удалению задней части тела позвонка и задней продольной связки для полноценной реконструкции позвоночного канала. Костные фрагменты удаляемого тела позвонка сохранялись для их последующего использования для спондилодеза. После удаления тела позвонка выполняли резекцию дисков и подготавливали замыкательные пластины смежных позвонков к имплантации межтелового кейджа. Далее производилась коррекция деформации

при помощи межтелового дистрактора, поочередной смены предварительно отмоделированных стержней, их изгибания “in situ”, а также за счет разгибания ортопедического стола. Все манипуляции проводились под визуальным и рентгенологическим контролем. Коррекция считалась достигнутой при параллельном положении замыкательных пластинок, ограничивающих зону дефекта на рентгенограммах в боковой проекции. Далее в межтеловой дефект устанавливался имплант (раздвижной лифт-кейдж либо стандартный сетчатый титановый кейдж, заполненный аутокостным материалом). После рентгенологического подтверждения правильного положения металлоконструкции устанавливались окончательные стержни, которые фиксировались блокираторами в положении компрессии. На заключительном этапе выполнялся задний спондилодез с использованием аутокостной пластики.

### **Закрытие раны**

Перед ушиванием послеоперационной раны проводилась ревизия дурального мешка на предмет отсутствия элементов компрессии. Ушивание проводилось послойно по стандартной методике с оставлением активного дренажа. Вертикализация пациентов проводилась на 1-2 сутки после операции.

#### **2.6.1. Клинический пример оперативного лечения пациента с ригидной ПТД из дорсального доступа**

Пациентка Г., 56 лет. Диагноз: последствия ПСМТ, ригидная посттравматическая деформация грудопоясничного отдела позвоночника вследствие консолидированного перелома L2 позвонка.

Поступала с жалобами на выраженные боли в грудопоясничном отделе позвоночника, умеренные боли в ногах, наличие деформации позвоночника.

В анамнезе перелом L2 позвонка 8-и месячной давности (тип А3 по F. Magerl) после консервативного лечения.

На этапе предоперационного обследования был диагностирован консолидированный перелом тела L2 позвонка со стенозом позвоночного канала



на данном уровне и наличием вентрального костно-фиброзного сращения на уровне L1-L3 (рис. 2.13; 2.14).

Уровень болевого синдрома в спине по VAS составлял 7 баллов. Уровень болевого синдрома в ногах по VAS составлял 4 балла. Индекс ODI был равен 42. Неврологический дефицит E по ASIA. Величина локальной кифотической деформации составляла  $51,8^\circ$ . Также было отмечено выраженное нарушение сагиттального баланса (SVA 160,6 мм) на фоне задействованных компенсаторных механизмов (уменьшение ТК, увеличение LL, ретроверсия таза и сгибание в тазобедренных суставах) (рис. 2.12 а). Локальная деформация во фронтальной плоскости ( $45,1^\circ$ ) была компенсирована сколиотическими дугами в смежных отделах, что способствовало отсутствию коронарного дисбаланса (рис. 2.12 б).

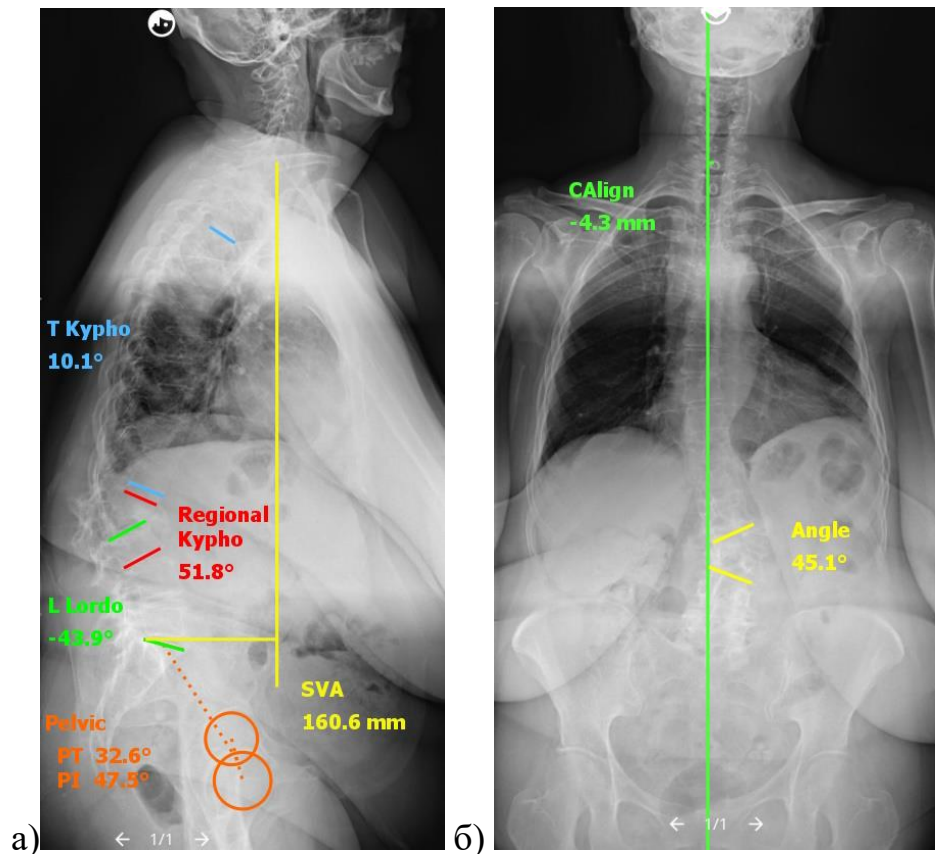


Рис. 2.12. Пример измерения основных рентгенологических параметров пациентки Г., 56 лет при помощи программы Surgimar: а – телерентгенограмма до операции в боковой проекции. Определяется локальная кифотическая деформация  $51,8^\circ$ ; нарушение сагиттального баланса (SVA 160,6 мм); б – телерентгенограмма до операции в прямой проекции. Определяется локальная деформация во фронтальной плоскости  $45,1^\circ$

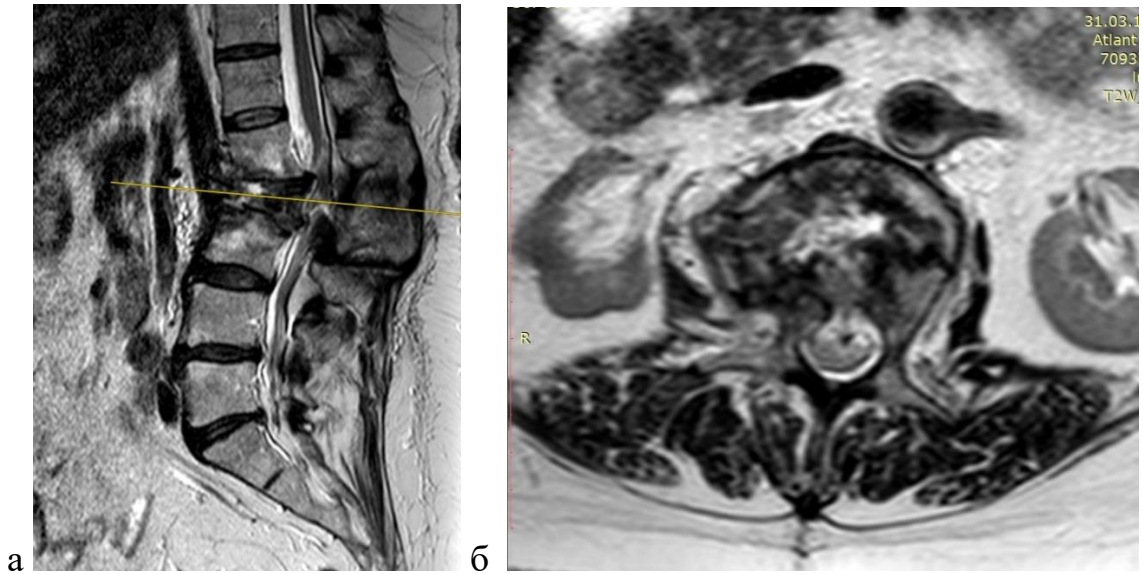


Рис. 2.13. МРТ пациентки Г., 56 лет до операции: а – МРТ до операции в сагиттальном срезе; б – МРТ до операции в аксиальном срезе.

Определяется стеноз позвоночного канала преимущественно за счет передней компрессии телом L2 позвонка

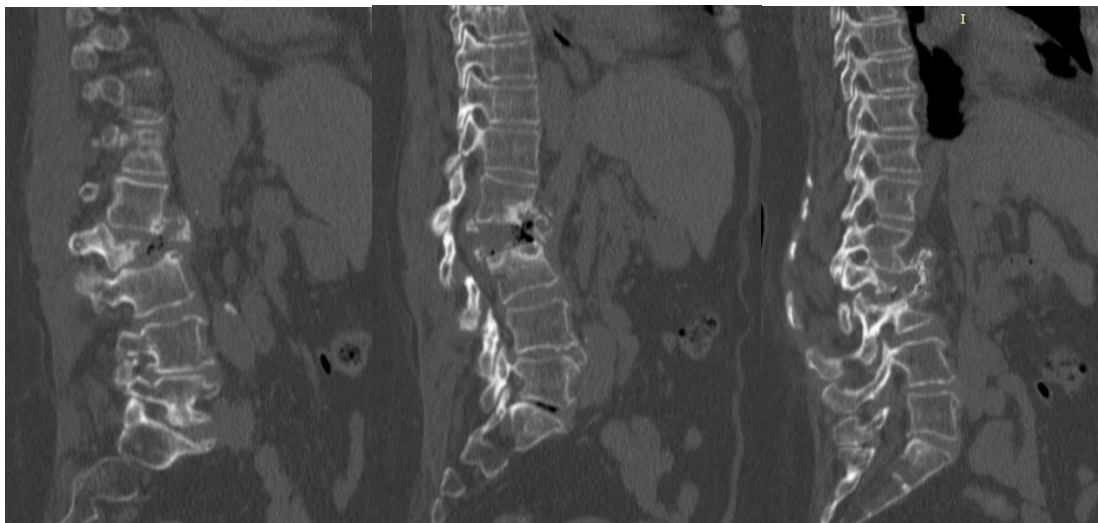


Рис. 2.14. КТ пациентки Г., 56 лет до операции: на сагиттальных срезах определяется передний костно-фиброзный блок на уровне L1-L3

Предварительное планирование вертебротомии при помощи программного обеспечения Surgimar позволило рассчитать необходимую величину остеотомии и размер межтелового имплантата (рис. 2.15).

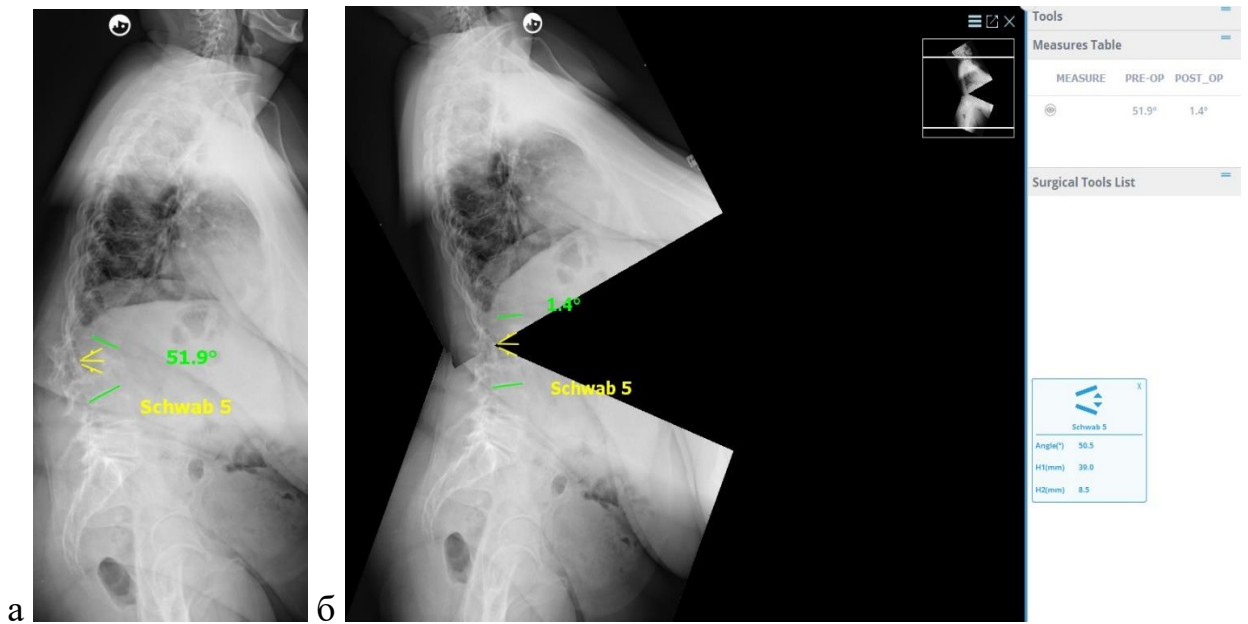


Рис. 2.15. Пример предоперационного планирования величины коррекции деформации пациентки Г., 56 лет при помощи программы Surgimar: а – телерентгенограмма до операции в боковой проекции; б – телерентгенограмма в боковой проекции с планированием остеотомии

По результатам предоперационного обследования пациентке было выполнено хирургическое вмешательство в один этап из дорсального доступа в объеме транспедикулярная фиксация Th12-L1-L3-L4 с аугментацией винтов костным цементом, вертебротомия 5 типа по Schwab, коррекция деформации и установка межтелового кейджа с аутокостным трансплантатом на уровне L1-L3 (рис. 2.16; 2.17).

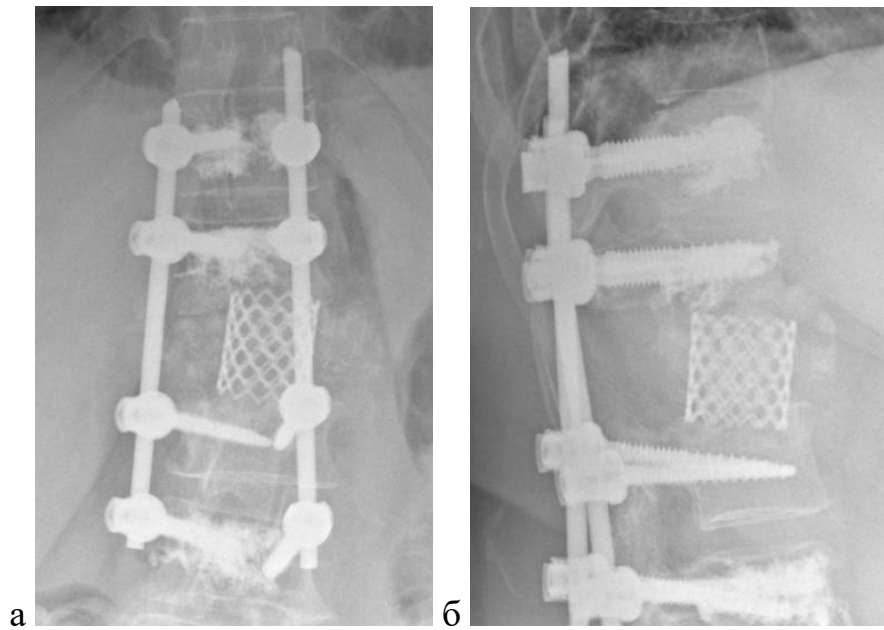


Рис. 2.16. Послеоперационные рентгенограммы пациентки Г., 56 лет:  
 а – рентгенограмма в прямой проекции; б – рентгенограмма в боковой проекции. Визуализируется установленная транспедикулярная система на уровне Th12-L1-L3-L4 с аугментацией винтов костным цементом и межтеловой кейдж с аутокостным трансплантатом на уровне L1-L3

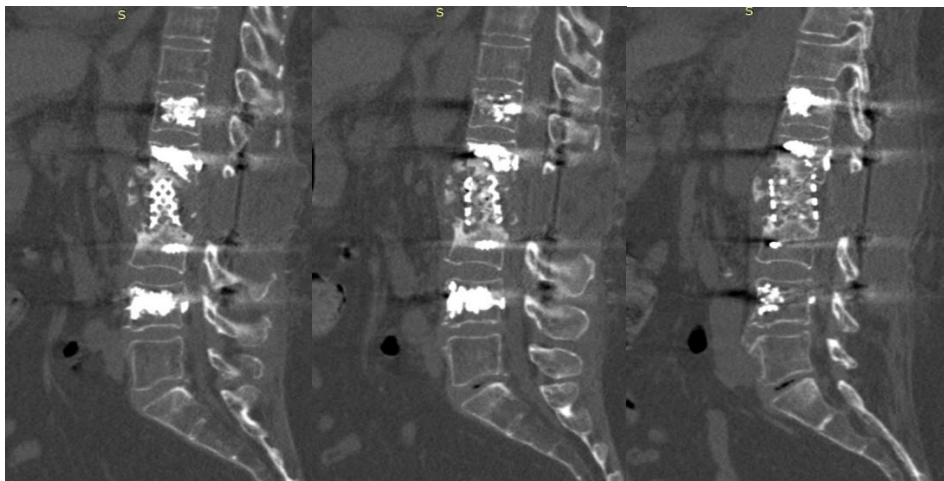


Рис. 2.17. КТ пациентки Г. 56 лет после операции: транспедикулярная фиксация Th12-L1-L3-L4 с аугментацией винтов костным цементом, передний спондилодез L1-L3 кейджем с аутокостным трансплантатом

По результатам послеоперационного рентгенологического обследования остаточная деформация в сагиттальной плоскости составила  $3,1^\circ$ , во фронтальной

плоскости -  $3,8^\circ$ , кроме того, была отмечена коррекция сагиттального профиля (SVA 45,2 мм), а также снижение выраженности компенсаторных механизмов в виде увеличения грудного кифоза (ТК  $37,2^\circ$ ) и уменьшения поясничного лордоза (LL  $-23,9^\circ$ ) (рис. 2.18).

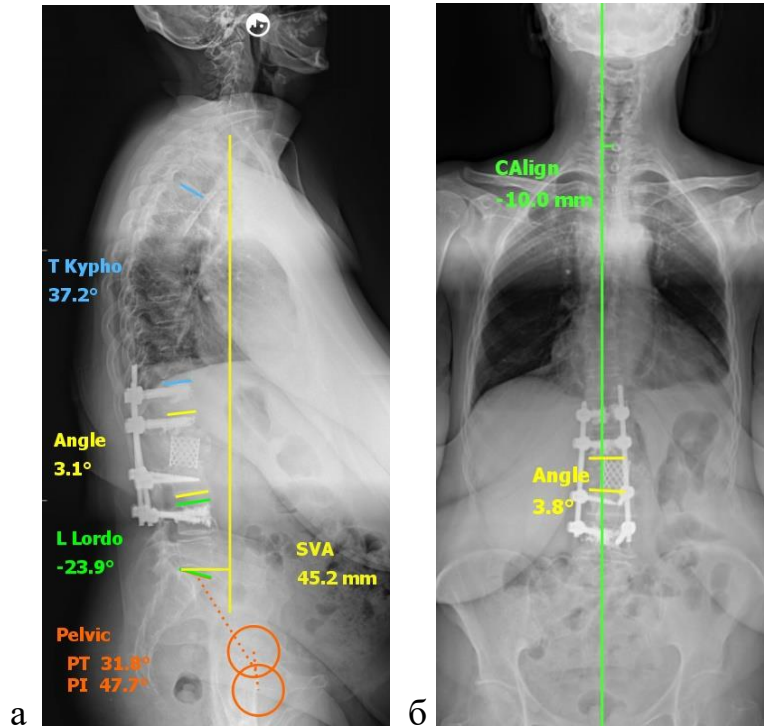


Рис. 2.18. Телерентгенограммы пациентки Г., 56 лет после операции:  
 а – телерентгенограмма в боковой проекции. Определяется остаточная локальная кифотическая деформация  $3,1^\circ$ ; б – телерентгенограмма в прямой проекции. Определяется остаточная локальная деформация во фронтальной плоскости  $3,8^\circ$

Продолжительность операции 260 мин, интраоперационная кровопотеря 1200 мл. Дренажная кровопотеря 300 мл. Пациентка активизирована на второй день. В раннем послеоперационном периоде отмечалась анемия средней степени тяжести со снижением уровня гемоглобина до 82 г/л. Продолжительность периода послеоперационной госпитализации 13 дней.

## 2.7. Статистическая обработка полученных количественных данных

Количественные данные, полученные в ходе проведенных исследований, обрабатывались при помощи непараметрических методов статистического



анализа, корреляционного анализа, бинарной логистической регрессии и ROC анализа.

Нормальность распределения количественных признаков оценивалась при помощи критерия Шапиро – Уилка и Колмогорова – Смирнова. При этом, основной объем данных не соответствовал нормальному распределению и описание данных было приведено формате: среднее / медиана (1; 3 квартили).

Для межгруппового сравнения независимые непрерывные переменные были проанализированы с помощью критерия Манна-Уитни, сравнение бинарных и категориальных данных проводилось с использованием Хи-квадрата Пирсона и точного двустороннего критерия Фишера. Сравнение данных в связанных выборках проводилось с использованием критерия Вилкоксона. Статистическая значимость факторов влияющих на развитие осложнений хирургического лечения оценивалась при помощи бинарной логистической регрессии.

Статистическая значимость различий между величинами и корреляционных связей определялась на уровне  $p < 0,05$ , который принят в медико-биологических исследованиях.

Статистическая обработка результатов исследования проводилась средствами программного обеспечения анализа данных IBM SPSS Statistics 23.0.

## ГЛАВА 3

### РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ ИССЛЕДУЕМЫХ ГРУПП

В данной главе представлены итоги анализа результатов хирургического лечения пациентов с застарелой ПТД груднопоясничного отдела позвоночника, прооперированных в отделении патологии позвоночника «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» с 2010 по 2019 г.

Были проанализированы рентгенограммы позвоночника у 91 пациента ретроспективной группы до и после оперативного лечения с минимальным сроком наблюдения в 24 месяца.

#### 3.1. Результаты лечения пациентов ретроспективных групп

На данном этапе исследования все пациенты, включенные в ретроспективную часть, были разделены на 2 группы в зависимости от методики проведенного оперативного вмешательства.

Первая группа (VCR a+p) включала в себя 44 пациента, которым было проведено комбинированное двухэтапное оперативное лечение с вертебротомией 5 типа по Schwab, коррекцией деформации, установкой замещающего межтелового имплантата из вентрального доступа и последующей окончательной фиксацией из дорсального доступа. Вторая группа (VCR p) состояла из 47 пациентов, которым хирургическое лечение с резекцией позвонка, межтеловым корпородезом и транспедикулярной фиксацией было выполнено из заднего доступа.

Сравнительный анализ основных клиничко-рентгенологических параметров в исследуемых группах лег в основу оценки эффективности описанных методов хирургического лечения пациентов с ПТД груднопоясничного отдела позвоночника.

##### 3.1.1. Общая характеристика исследования

Решение первой задачи предполагало изучение клиничко-рентгенологических характеристик посттравматических деформаций

груднопоясничного отдела позвоночника у пациентов ретроспективной части исследования.

Согласно принятым критериям включения в данную работу вошел 91 пациент – 52 (57,1%) женщины и 39 (42,9%) мужчин, основные характеристики исследуемых пациентов представлены ниже (рис 3.1).

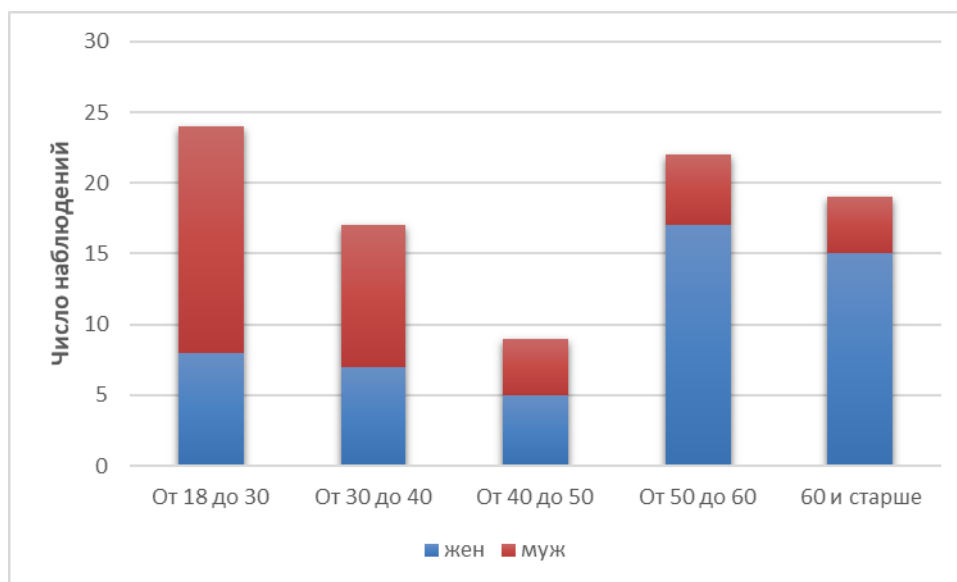


Рис. 3.1. Гистограмма распределения пациентов по полу и возрасту

Несмотря на то, что средний возраст пациентов составил 43,4/46,0 (27; 57) лет, из представленного графика видно преимущественное распределение больных в группы до 40 лет и старше 50, при этом среди пациентов более молодого возраста преобладали мужчины (63,4%), а среди лиц старше 50 лет женщины (78,1%). Данное распределение может быть обусловлено большей частотой травматических повреждений у мужчин молодого возраста и переломов позвонков у женщин старшей возрастной категории в связи с наличием дефицита МПКТ.

Среднее время, прошедшее с момента травмы, составило 12,3/11 (8; 16) месяцев. При этом распределение пациентов по данному критерию не выявило статистически значимых отклонений (рис. 3.2).



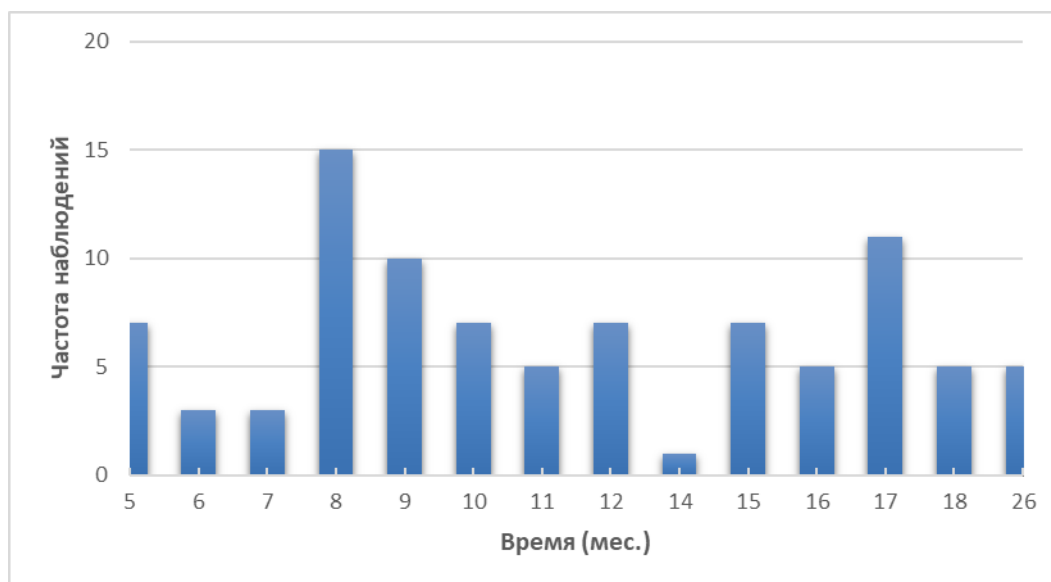


Рис. 3.2. Гистограмма распределения пациентов по времени с момента травмы

Анализ частоты переломов позвонков груднопоясничного отдела выявил более высокие показатели на уровне Th12 и L1 (73,6%) в сравнении с Th11 и L2 (26,4%) (рис. 3.3).

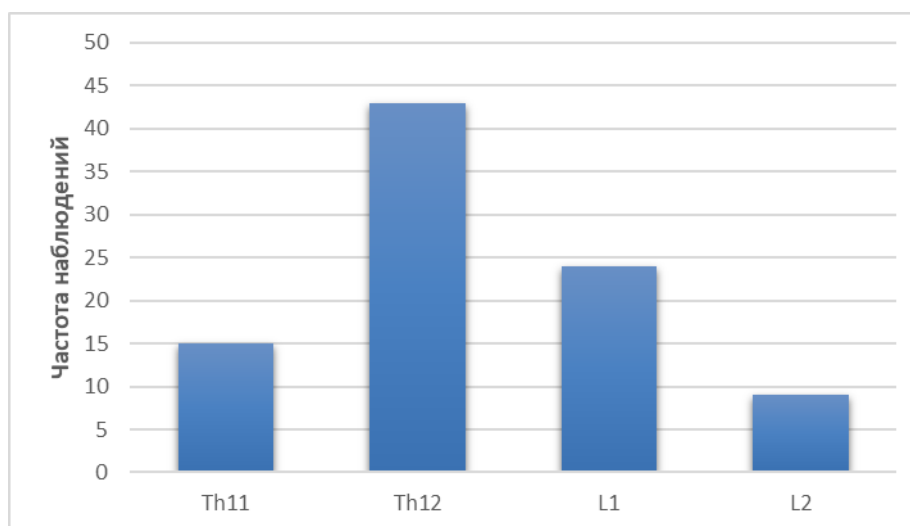


Рис. 3.3. Гистограмма распределения пациентов по локализации перелома

Анализ рентгенологических данных показал наличие типов исходного повреждения А и В, классифицированных по F. Magerl с соавторами (1995) с преобладанием переломов с сохраненным задним опорным комплексом (рис. 3.4).

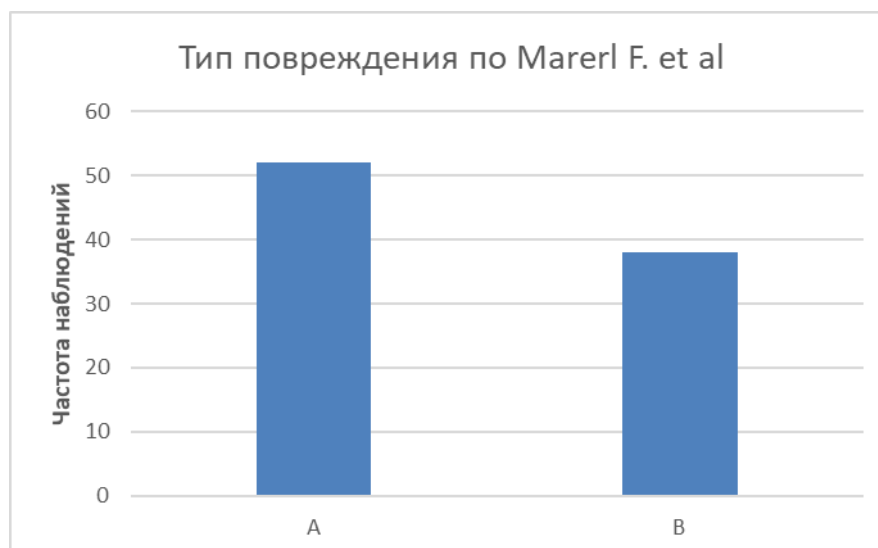


Рис. 3.4. Гистограмма распределения пациентов по типу исходного повреждения

Первичные повреждения позвонков типа А были выявлены в 52 (57,1%), а повреждения типа В – в 39 (42,9%) случаях.

Анализ распределения описанных показателей в группах, выделенных по объему хирургического вмешательства (VCR a+p, VCR p), не выявил статистически значимых различий, что свидетельствует о сопоставимости изучаемых групп по данным признакам (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Результаты статистического анализа группового распределения признаков с использованием критерия Манна-Уитни.

Изученные критерии	Пол	Возраст	Время от травмы	Локализация перелома	Тип повреждения
U Манна-Уитни	980,5	991,5	1001,5	999	926
W Вилкоксона	1970,5	1981,5	2129,5	1989	1916
Z	-0,493	-0,338	-0,259	-0,298	-1,004
Значимость (p)	0,622	0,735	0,795	0,766	0,315

### 3.1.2. Анализ рентгенологических параметров

Анализ рентгенологических параметров проводился на основании телерентгенограмм позвоночника в прямой и боковой проекциях. Первым этапом изучалась сопоставимость выделенных групп по предоперационным рентгенологическим характеристикам посттравматической деформации. Для этого у пациентов оценивалась величина локального кифоза до оперативного лечения. Средняя величина кифотического компонента деформации равнялась  $50,6^\circ/48^\circ$  (42; 56). При этом анализ группового распределения данного параметра показал отсутствие значимых различий ( $p=0,509$  по критерию Манна-Уитни) (рис. 3.5; табл. 3.2).

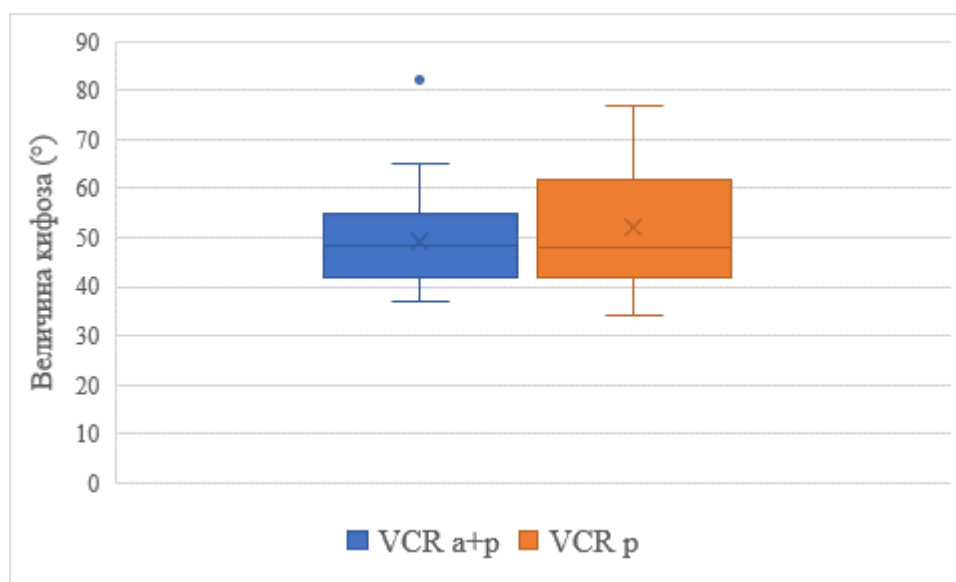


Рис. 3.5. График “box-plot”, отражающий групповое распределение пациентов по величине локального кифоза

Таблица 3.2

Средние показатели величины локального кифоза в исследуемых группах пациентов до операции

Показатель	Группа		Значимость $p^*$
	VCR a+p (n = 44)	VCR p (n = 47)	
Локальный кифоз ( $^\circ$ )	49,3 / 48,5 (42; 55)	51,9 / 48 (42; 62)	0,509

\* по критерию Манна-Уитни.

Кроме того, у всех пациентов проводилась оценка сагиттального и фронтального профиля позвоночника, а также основных позвоночно-тазовых соотношений. Данный анализ выполнялся на основании изучения телерентгенограмм позвоночника в прямой и боковой проекциях, а его результаты были оценены в динамике после оперативного лечения. Глобальный баланс позвоночника оценивался по смещению Th1 позвонка относительно центральной вертикальной линии крестца (CSVL) во фронтальной плоскости и по показателю сагиттальной вертикальной оси (SVA) в сагиттальной. Оцениваемые позвоночно-тазовые параметры включали в себя грудной кифоз (TK), поясничный лордоз (LL), тазовый индекс (PI), наклон крестца (SS), наклон таза (PT). При этом измерение грудного кифоза и поясничного лордоза проводилось до уровня посттравматической деформации. Результаты средних предоперационных значений описанных параметров представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3

Средние показатели основных позвоночно-тазовых параметров в исследуемых группах до операции

Параметры	Группа		Значимость (p)*
	VCR a+p (n = 44)	VCR p (n = 47)	
CSVL (мм)	14,2 / 12 (8; 18)	15,4 / 14 (8; 19)	0,783
SVA (мм)	44,1 / 45 (35; 55)	46,1 / 45 (38; 55)	0,587
TK (°)	16,5 / 16 (14; 20)	16,9 / 17 (14; 21)	0,599
LL (°)	65,4 / 68 (61; 70)	66,9 / 68 (63; 72)	0,398
PI (°)	51,1 / 51 (45; 58)	54,1 / 56 (48; 60)	0,066
SS (°)	24,8 / 24,5 (21; 28)	26,7 / 28 (22; 32)	0,100
PT (°)	25,9 / 26 (23; 29)	27,2 / 27 (25; 30)	0,158

\* по критерию Манна-Уитни.

Анализ группового распределения средних показателей предоперационных рентгенологических параметров также показал отсутствие статистически значимых различий.

### 3.1.3. Анализ клинико-неврологических проявлений

Ретроспективная оценка позволила проанализировать данные большинства пациентов по дооперационному уровню болевого синдрома в спине ( $n = 91$ ; 100%), степени неврологического дефицита ( $n = 91$ ; 100%) и степени нарушения качества жизни ( $n = 84$ ; 92,3%). Сравнение средних показателей данных параметров также было проведено между описанными группами (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Средние показатели основных клинико-неврологических параметров  
в исследуемых группах до операции

Параметры	Группы		Значимость $p^*$
	VCR a+p ( $n = 44$ )	VCR p ( $n = 47$ )	
Болевой синдром (ВАШ)	6,2 / 6 (5; 7)	5,9 / 6 (5; 7)	0,190
Неврологический дефицит (ASIA)**	4,6 / 5 (4; 5)	4,6 / 5 (4; 5)	0,886
Степень нарушения качества жизни (ODI)	55,9 / 56 (53; 60)	54,8 / 56 (50; 61)	0,599

\* по критерию Манна-Уитни.

\*\* степень неврологического дефицита оценивалась по шкале ASIA, где А=1 балл, Е=5 баллов.

Анализ распределения средних показателей основных клинико-неврологических параметров, а также индекса нарушения жизнедеятельности в изучаемых группах также показал отсутствие статистически значимых различий.

В целом первичный анализ в группах не выявил статистически значимых различий в распределении пациентов по полу, возрасту, рентгенологическим и основным клинико-неврологическим параметрам, что позволило в дальнейшем объективно оценивать результаты лечения в сравнительном плане.

### 3.1.3.1. Анализ корреляции болевого синдрома и индекса нарушения жизнедеятельности

Также на данном этапе нами была оценена зависимость степени болевого синдрома и качества жизни пациентов от основных предоперационных рентгенологических показателей. Оценка корреляционных связей была проведена с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена (табл. 3.5).

Таблица 3.5

Оценка корреляционных связей болевого синдрома и качества жизни с основными рентгенологическими параметрами до оперативного лечения

Показатели		SVA	CSVL	LL	TK	PI	Лок. кифоз
Болевой синдром	Коэффициент корреляции	0,095	0,186	0,013	-0,154	-0,468	0,071
	Знач. (двухсторонняя)*	0,371	0,077	0,904	0,144	<0,001	0,507
	N	91	91	91	91	91	91
Показатели		SVA	CSVL	LL	TK	PI	Лок. кифоз
Индекс нарушения жизнедеятельности (ODI)	Коэффициент корреляции	0,154	0,071	0,076	-0,161	-0,292	0,073
	Знач. (двухсторонняя)*	0,161	0,520	0,493	0,144	0,007	0,510
	N	84	84	84	84	84	84

\* на основании коэффициента корреляции Спирмена.

По результатам данного анализа была выявлена отрицательная корреляция показателей болевого синдрома и тазового индекса (PI) ( $p < 0,001$ ), а также качества жизни и тазового индекса (PI) ( $p = 0,007$ ). Данные корреляции могут быть обусловлены истощением компенсаторных возможностей у пациентов с низким значением показателя PI. При этом статистически значимой зависимости болевого

синдрома и качества жизни от величины локального кифоза выявлено не было, что могло быть обусловлено стабильностью деформации.

### 3.1.4. Анализ основных показателей раннего послеоперационного периода (до 6 месяцев)

Решение второй и третьей задач предполагало анализ непосредственно эффективности хирургического лечения пациентов ретроспективной части исследования. Для этого первично в выделенных группах были изучены основные показатели раннего послеоперационного периода (табл. 3.6).

Таблица 3.6

Сравнительный анализ основных показателей раннего послеоперационного периода

Параметры	Группы		Значимость p*
	VCR a+p (n = 44)	VCR p (n = 47)	
Продолжительность операции (мин)	232,3 / 235 (210; 260)	249,4 / 240 (220; 270)	0,091
Объем интраоперационной кровопотери (мл)	463,6 / 400 (300; 600)	1078,7 / 1100 (900; 1300)	< 0,001
Объем дренажной кровопотери (мл)	138,6 / 150 (100; 150)	246,8 / 250 (200; 300)	< 0,001
Госпитализация п/о (дни)	11,6 / 11 (9; 14)	16,6 / 17 (15; 18)	< 0,001

\* по критерию Манна-Уитни.

По результатам данного анализа были выявлены значимые различия в показателях объема интраоперационной и дренажной кровопотери, а также времени стационарного послеоперационного лечения в исследуемых группах. Средний объем кровопотери во время операции, а также объем дренажной

кровопотери был значимо выше у пациентов группы VCR p ( $p < 0,001$ ). Средняя продолжительность стационарного этапа лечения после операции была статистически значимо выше у пациентов группы VCR p – 16,6/17 (15; 18) по сравнению с группой VCR a+p – 11,6/11 (9; 14) ( $p < 0,001$ ).

### 3.1.5. Анализ рентгенологических параметров после оперативного лечения

Сравнение средних значений основных рентгенологических параметров в исследуемых группах и их изменений после операции позволило оценить возможности хирургической коррекции в зависимости от оперативного подхода, степень восстановления глобального баланса туловища, а также изменение параметров компенсаторных механизмов. Статистическая значимость различий данных показателей и их динамики в исследуемых группах представлена в таблице 3.7.

Таблица 3.7

Основные рентгенологические параметры в исследуемых группах  
до и после операции

Параметры	VCR a+p (n = 44)	VCR p (n = 47)	p-значение*
CSVL (мм)			
До	14,2 / 12 (8; 18)	15,4 / 14 (8; 19)	0,783
После	4 / 4 (3; 5)	3,3 / 3 (2; 5)	0,169
p-значение**	< 0,001	< 0,001	-
SVA (мм)			
До	44,1 / 45 (35; 55)	46,1 / 45 (38; 55)	0,587
После	6,4 / 6 (4; 8)	5,4 / 6 (4; 8)	0,354
p-значение**	< 0,001	< 0,001	-
TK (°)			
До	16,5 / 16 (14; 20)	16,9 / 17 (14; 21)	0,599
После	27,3 / 28 (26; 30)	26,6 / 26 (25; 30)	0,328



Параметры	VCR a+p (n = 44)	VCR p (n = 47)	p-значение*
p-значение**	< 0,001	< 0,001	-
LL (°)			
До	65,4 / 68 (61; 70)	66,9 / 68 (63; 72)	0,398
После	46,3 / 48 (40,3; 52)	48,5 / 49 (44; 52)	0,269
p-значение**	< 0,001	< 0,001	-
SS (°)			
До	24,8 / 24,5 (21; 28)	26,7 / 28 (22; 32)	0,100
После	39,3 / 40 (32,3; 46,8)	42,6 / 43 (35; 50)	0,080
p-значение**	< 0,001	< 0,001	-
PT (°)			
До	25,9 / 26 (23; 29)	27,2 / 27 (25; 30)	0,158
После	11,8 / 11 (8; 15,8)	11,6 / 11 (8; 15)	0,786
p-значение**	< 0,001	< 0,001	-
Локальный кифоз (°)			
До	49,3 / 48,5 (42; 55)	51,9 / 48 (42; 62)	0,509
После	9,6 / 10 (6; 13,5)	7,5 / 7 (5; 10)	0,006
p-значение**	< 0,001	< 0,001	-

\* по критерию Манна-Уитни, \*\* по критерию Вилкоксона.

Показатели рентгенологических параметров в изучаемых группах после оперативного вмешательства имели статистически значимые различия по сравнению с предоперационными значениями ( $p < 0,001$ ). При этом после проведенного вмешательства у пациентов обеих групп удалось достичь нормальных показателей глобального баланса позвоночника согласно параметрам CSVL и SVA. Кроме того, коррекция кифотического компонента деформации была в 1,28 раза больше у пациентов группы VCR p (85,6%) по сравнению с

пациентами группы VCR a+p (80,5%) ( $p=0,006$ ). Также в обеих группах отмечалось статистически значимое увеличение грудного кифоза и уменьшение поясничного лордоза после оперативного лечения, что свидетельствовало об уменьшении выраженности задействованных компенсаторных механизмов. При этом в группах значимо изменялись показатели наклона крестца (SS) и наклона таза (PT) вследствие антеверсии таза после коррекции.

### 3.1.6. Анализ корреляций остаточной кифотической деформации

Также был проведен анализ корреляционных связей величины остаточной кифотической деформации с рядом изучаемых факторов (табл. 3.8).

Таблица 3.8

Оценка корреляционных связей остаточной кифотической деформации

Показатели		Группа	Тип перелома	Исходный кифоз	Задний костный блок
Остаточный кифоз	Коэффициент корреляции	0,287	0,295	0,120	0,505
	Значимость*	0,006	0,005	0,256	<0,001
	N	91	91	91	91

\* на основании коэффициента корреляции Спирмена.

По результатам данного анализа была выявлена зависимость величины остаточной кифотической деформации от типа хирургического лечения ( $p = 0,006$ ), варианта исходного повреждения по F. Magerl ( $p = 0,005$ ) и наличия признаков дорсального костного блока по данным КТ ( $p < 0,001$ ). Корреляция остаточного кифоза с типом хирургического лечения подтверждает выявленные ранее значимые различия данного параметра в изучаемых группах. При этом наибольшая значимость корреляционной связи была определена для показателя наличия дорсального костного сращения (коэффициент корреляции 0,505;  $p < 0,001$ ), что может свидетельствовать о меньшей коррекции в группе пациентов

VCR a+p вследствие ригидности задних элементов позвоночника на уровне деформации.

### 3.1.7. Анализ динамики основных клинических проявлений

Анализ основных клинических проявлений включал изучение болевого синдрома в спине и оценку качества жизни пациентов в динамике через 3, 6, 12, 18 и 24 месяца. Болевой синдром оценивался по десятибалльной визуально-аналоговой шкале, качество жизни по индексу нарушения жизнедеятельности Освестри (ODI) в процентах.

#### 3.1.7.1. Оценка динамики болевого синдрома в спине

Оценка клинических проявлений показала значимое снижение уровня болевого синдрома в спине через 3 месяца после операции в обеих группах ( $p < 0,001$ ). Анализ отдаленных результатов показал значимые различия в группах на этапе контрольных осмотров через 12 месяцев (3/3 (3; 3,8) и 2,5/2 (2; 3);  $p = 0,004$ ), 18 месяцев (3,4/3 (3; 4) и 2,3/2 (2; 3);  $p < 0,001$ ) и 24 месяца после оперативного лечения (4,2/4 (2; 6) и 2,2/1 (1; 3);  $p < 0,001$ ) (рис. 3.6).

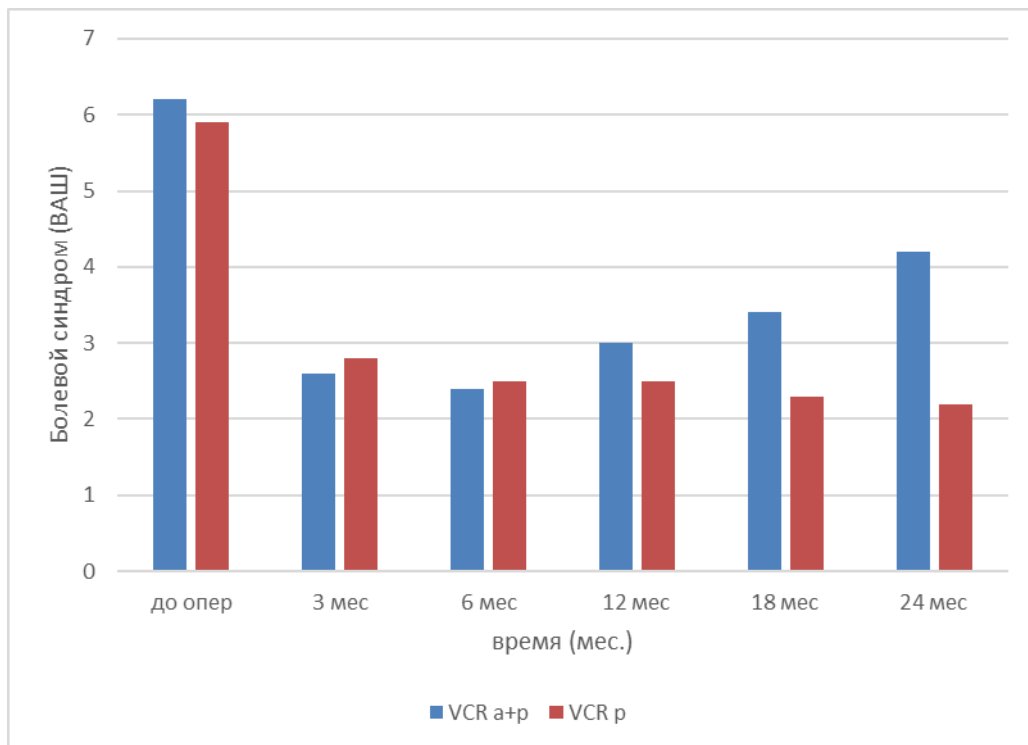


Рис. 3.6. Динамика болевого синдрома в спине после хирургического лечения

При этом в группе VCR a+p отмечалась статистически значимая тенденция нарастания болевого синдрома в спине в среднем через год после операции (3,0; 3,4; 4,2;  $p < 0,001$ ).

### 3.1.7.2. Оценка динамики качества жизни

Качество жизни пациентов, оцениваемое по ODI, также имело значимую положительную динамику после хирургического лечения у пациентов в обеих группах ( $p < 0,001$ ) (рис. 3.7).

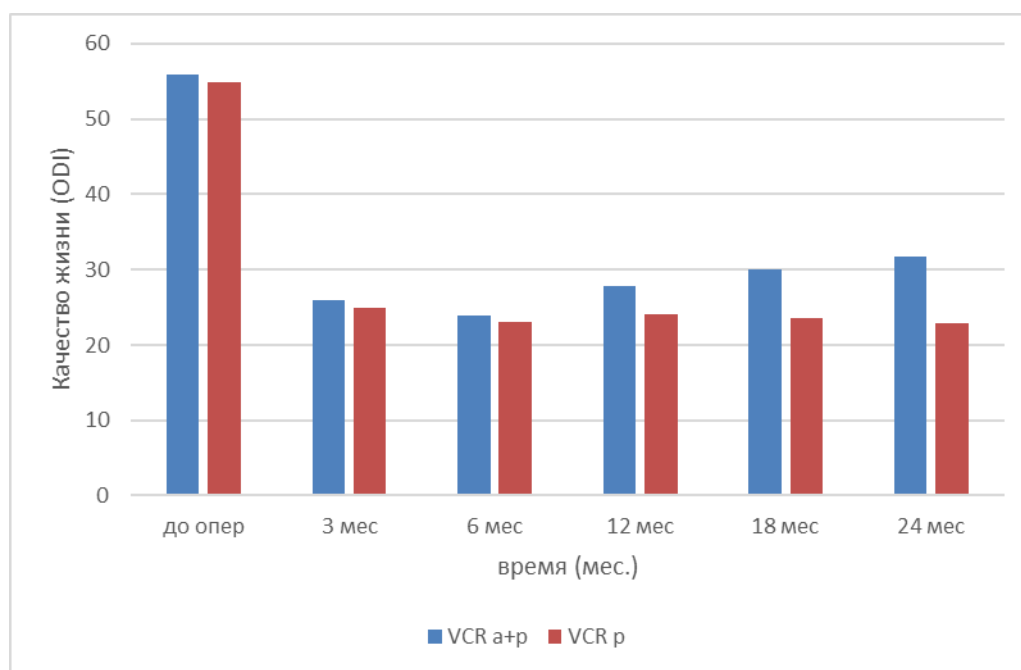


Рис. 3.7. Динамика качества жизни пациентов после оперативного лечения

Статистически значимые различия между изучаемыми группами в средних показателях ODI прослеживались через 12 месяцев (27,9/28 (24; 31,5) и 24,1/24 (22; 26);  $p < 0,001$ ), 18 месяцев (30/30 (24; 36) и 23,6/22 (20; 26);  $p < 0,001$ ) и 24 месяца после оперативного лечения (31,8/30 (24,3; 38) и 22,9/20 (18; 24);  $p < 0,001$ ) (рис. 3.7).

При этом через год после оперативного вмешательства в группе VCR a+p прослеживалась и статистически подтверждалась умеренная отрицательная динамика в виде увеличения средних значений индекса нарушения жизнедеятельности с 27,9/ 8 (24; 31,5) до 31,8/30 (24,3; 38).

### 3.1.8. Анализ основных осложнений хирургического лечения

Всего было выявлено 131 осложнение у 64 (70,3%) пациентов. При этом в периоперационном периоде было выявлено 111 осложнений у 59 пациентов, а в позднем периоде – 20 осложнений у 14 пациентов.

Статистическая значимость различий распределения осложнений в группах оценивалась при помощи точного критерия Фишера.

#### 3.1.8.1. Анализ основных осложнений периоперационного периода

Сравнительный анализ осложнений интраоперационного периода показал более высокую частоту повреждения ТМО у пациентов в группе VCR p ( $p = 0,005$ ). В остальных случаях частота развития данных осложнений значимо не отличалась в обеих группах (табл. 3.9).

Таблица 3.9

Сравнительный анализ структуры и частоты развития интраоперационных осложнений

Осложнения	VCR a+p (n = 44)	VCR p (n = 47)	Значимость, p
Повреждение ТМО	3 (6,8%)	14 (29,8%)	0,005*
Повреждение магистральных сосудов	3 (6,8%)	1 (2,1%)	0,284*
Повреждение легкого	5 (11,4%)	2 (4,3%)	0,191*
Всего осложнений (количество пациентов)	11 (10)	17 (17)	0,191**

\* по критерию Фишера, \*\* по критерию Манна-Уитни.

Анализ структуры осложнений раннего послеоперационного периода (до 6 месяцев после вмешательства) показал статистически значимые различия в частоте развития анемии и ликвореи у пациентов исследуемых групп (табл. 3.10).

Сравнительный анализ структуры и частоты развития осложнений хирургического лечения в раннем периоде (до 6 месяцев)

Осложнения	VCR a+p (n = 44)	VCR p (n = 47)	Значимость, p
Инфекция	3 (6,8%)	6 (12,8%)	0,277*
Глубокая инфекция	2 (4,6%)	2 (4,3%)	0,666*
Поверхностная инфекция	1 (2,3%)	4 (8,5%)	0,202*
Нарастание неврологического дефицита (> 1 ст по ASIA)	7 (15,9%)	5 (10,6%)	0,427*
Ликворея	1 (2,3%)	8 (17,0%)	0,019*
Мальпозиция имплантов	1 (2,3%)	2 (4,3%)	0,525*
Пневмония	2 (4,6%)	4 (8,5%)	0,371*
Гемоторакс	6 (13,6%)	2 (4,3%)	0,113*
Анемия средней и тяжелой степени (Hb <90г/л)	4 (9,1%)	16 (34,0%)	0,004*
Тромбоэмболия легочной артерии	2 (4,6%)	5 (10,6%)	0,245*
Всего осложнений (количество пациентов)	26 (21)	48 (34)	0,003**

\* по критерию Фишера, \*\* по критерию Манна-Уитни.

Так, частота развития ликвореи в группе VCR p (8 (17,0%)) была выше, чем в группе VCR a+p (1 (2,3%)) ( $p = 0,019$ ). Данное осложнение, по всей видимости, является следствием большей частоты интраоперационного повреждения ТМО у пациентов группы VCR p ( $p = 0,005$ ), что может быть обусловлено техническими особенностями удаления тела позвонка из заднего доступа. Частота анемии средней и тяжелой степеней также значимо выше определялась у пациентов группы VCR p (16 (34,0%)) по сравнению с группой VCR a+p (4 (9,1%)) ( $p = 0,004$ ). Данные различия, по всей видимости, обусловлены более значимой интраоперационной и дренажной кровопотерей в группе заднего доступа ( $p < 0,001$ ).

В остальных случаях значимых различий частоты развития осложнений в изученных группах выявлено не было. Всего было 26 осложнений

послеоперационного периода у 21 пациента группы VCR a+p и 48 осложнений у 34 больных группы VCR p. Значимость этих различий ( $p=0,003$ ) подтверждена статистически. В целом частота развития осложнений периоперационного периода была значимо выше в группе VCR p (65) относительно группы VCR a+p (37,  $p=0,003$ ).

### 3.1.8.2. Анализ основных осложнений среднесрочного и отдаленного периодов

Среди осложнений среднесрочного и отдаленного периодов, оцениваемых через 6 месяцев после операции у пациентов обеих групп, отмечалась нестабильность металлоконструкции, патология смежных сегментов и формирование псевдоартрозов. Патология смежных сегментов включала развитие выраженных дегенеративных изменений на уровне выше- или нижележащего ПДС, появление клинически значимого кифоза в данных отделах, а также переломы смежных к зоне фиксации позвонков. При сравнительном анализе осложнений данного периода статистически значимых различий в исследуемых группах не было (табл. 3.11).

Таблица 3.11

Сравнительный анализ структуры и частоты развития осложнений среднесрочного и отдаленного послеоперационного периодов (позднее 6 месяцев)

Осложнения	VCR a+p (n = 44)	VCR p (n = 47)	Значимость, p
Нестабильность металлоконструкции	3 (6,8%)	5 (10,6%)	0,396*
Патология смежных сегментов	3 (6,8%)	4 (8,5%)	0,537*
Дегенеративные изменения	1 (2,3%)	2 (4,3%)	0,525*
Кифоз	2 (4,6%)	1 (2,1%)	0,475*
Переломы позвонков	-	1 (2,1%)	0,516*
Псевдоартрозы	3 (6,8%)	2 (4,3%)	0,468*
Всего осложнений (количество пациентов)	9 (6)	11 (8)	0,648**

\* по критерию Фишера, \*\* по критерию Манна-Уитни.

Также в целом частота развития осложнений в среднесрочном и отдаленном периодах значимо не различалась в обеих группах ( $p = 0,648$ ).

### **3.1.9. Анализ факторов риска развития болевого синдрома в поясничном отделе**

С учетом выявленной динамики нарастания болевого синдрома в отдаленном послеоперационном периоде (БСОПП) и его значимого влияния на качество жизни пациентов нами был проведен анализ, направленный на определение факторов риска его развития. Так, данное осложнение считалось выявленным у пациентов при усилении болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника, при исключении признаков нестабильности металлоконструкции, псевдоартроза и патологии смежных сегментов. Оценка проводилась с учетом определенных ранее значимых сроков появления тенденции нарастания болевого синдрома. Анализ группового распределения показал большую частоту встречаемости данного осложнения после хирургического лечения комбинированным доступом (табл. 3.12).

Таблица 3.12

Сравнительная частота болевого синдрома отдаленного периода в группах

Параметр	VCR а+р (n = 44)	VCR р (n = 47)	Значимость, р*
БСОПП	19 (43,2%)	9 (19,2%)	0,012

\*На основании точного критерия Фишера.

#### **3.1.9.1. Корреляционный анализ болевого синдрома в отдаленном послеоперационном периоде**

Для оценки возможного влияния осложнений отдаленного периода на развитие БСОПП нами был проведен анализ корреляционных связей данных параметров. По результатам анализа статистически значимой положительной



корреляции какого-либо осложнения отдаленного периода наблюдения и БСОПП выявлено не было (табл. 3.13).

Таблица 3.13

Оценка корреляционных связей болевого синдрома и осложнений в отдаленном послеоперационном периоде

Болевой синдром		Осложнения		
		Нестабильность МК	Патология смежных сегментов	Псевдоартрозы
БСОПП	Коэффициент корреляции	-0,207	-0,103	-0,161
	Значимость*	0,049	0,331	0,128
	N	91	91	91

\* на основании коэффициента корреляции Спирмена.

Проведенный первичный анализ корреляционных связей послеоперационных рентгенологических параметров и БСОПП показал значимую корреляцию показателей позвоночно-тазовых соотношений (табл. 3.14).

Таблица 3.14

Оценка корреляционных связей болевого синдрома отдаленного послеоперационного периода и основных рентгенологических параметров после оперативного лечения

Показатели		PI	PT	SS	LL	TK
БСОПП	Коэффициент корреляции	-0,374	0,360	-0,550	-0,179	-0,106
	Значимость*	<0,001	<0,001	<0,001	0,089	0,318
	N	91	91	91	91	91
Показатели		Остаточный кифоз			SVA	CSVL
БСОПП	Коэффициент корреляции	0,082			-0,170	0,090
	Значимость*	0,442			0,108	0,399
	N	91			91	91

Продолжение таблицы 3.14

Показатели		Осложнения позднего периода
БСОПП	Коэффициент корреляции	-0,221
	Значимость*	0,035
	N	91

\* на основании коэффициента корреляции Спирмена.

Таким образом, по результатам первичного анализа показатели тазового индекса (PI) и наклона крестца (SS) имели обратную, а показатель наклона таза (PT) прямую корреляцию с частотой развития БСОПП ( $p < 0,001$ ). Кроме того, была определена значимость обратной корреляции частоты развития осложнений позднего послеоперационного периода и БСОПП ( $p = 0,035$ ).

### 3.1.9.2. Логистический регрессионный анализ

Следующим этапом для оценки факторов, ассоциированных с развитием БСОПП, и степени их влияния нами был проведен логистический регрессионный анализ. При этом для устранения мультиколлинеарности в регрессионную модель был включен единственный параметр ориентации таза, а именно тазовый индекс (PI). Кроме того, данный показатель, являясь постоянным у каждого пациента независимо от изменений глобального баланса, может быть использован в качестве предоперационного параметра, отражающего индивидуальные компенсаторные возможности и их влияние на развитие изучаемых осложнений. Таким образом, оценка включенных в логистический регрессионный анализ факторов с учетом их взаимного влияния показала статистическую значимость величины тазового индекса и остаточного локального кифоза (табл. 3.15).

## Логистический регрессионный анализ факторов риска развития БСОПП

Факторы риска	B	Значимость	Отношение шансов (Exp (B)) (95% доверительный интервал)
Ост. кифоз	0,286	0,003	1,331 (1,104 – 1,605)
SVA	-0,057	0,523	0,945 (0,794 – 1,124)
CSVL	-0,005	0,968	0,995 (0,770 – 1,285)
PI	-0,220	<0,001	0,803 (0,710 – 0,908)
LL	0,045	0,385	1,046 (0,945 – 1,157)
TK	-0,105	0,150	0,900 (0,780 – 1,039)
Осложнения позднего периода	-1,790	0,083	0,167 (0,022 – 1,263)
Константа	9,172	0,004	9627,441

Так, по результатам данного анализа, на развитие БСОПП статистически значимо влияют показатели PI ( $p < 0,001$ ) и остаточного локального кифоза ( $p = 0,003$ ). При этом статистическая значимость величины остаточной кифотической деформации, отсутствующая по результатам корреляционного анализа, проявляется при наличии влияния параметра PI. Дополнительно это может быть подтверждено отсутствием значимости параметра остаточного кифоза ( $p = 0,113$ ) при исключении из логистической регрессии переменной PI. Таким образом, увеличение тазового индекса на  $1^\circ$  уменьшает шанс развития БСОПП в 1,25 раза ( $1/0,803$ ) или на 25% ( $p < 0,001$ ; отн. шансов: 0,803; 95% доверительный интервал 0,710–0,908). При этом увеличение остаточного кифоза на  $1^\circ$  увеличивает шанс развития БСОПП в 1,33 раза (или на 33%) ( $p = 0,003$ ; отн. шансов: 1,331; 95% доверительный интервал 1,104–1,605).

**3.1.9.3. ROC-анализ**

Оценка порогового значения показателя PI, при котором определяется описанное выше влияние на шансы развития БСОПП, проводилась на основании построения ROC-кривой с достоверным значением  $p < 0,001$  и площадью под кривой (AUC), равной 0,733 (95% доверительный интервал 0,628–0,837).

При этом пороговое значение PI, с уровня которого оказывается значимое влияние на развитие БСОПП, составляет  $51^\circ$  с чувствительностью 73% и специфичностью 71,4%.

Таким образом, проведенный статистический анализ показал, что значимое влияние на развитие БСОПП оказывает величина тазового индекса (PI) и остаточной кифотической деформации. При этом PI менее  $51^\circ$  является фактором риска развития БСОПП с чувствительностью 73% и специфичностью 71,4%. Остаточный локальный кифоз не является самостоятельным фактором риска развития БСОПП, однако с увеличением на  $1^\circ$  повышает шансы появления данного осложнения на 33% при сопутствующем влиянии показателя PI (рис. 3.8).

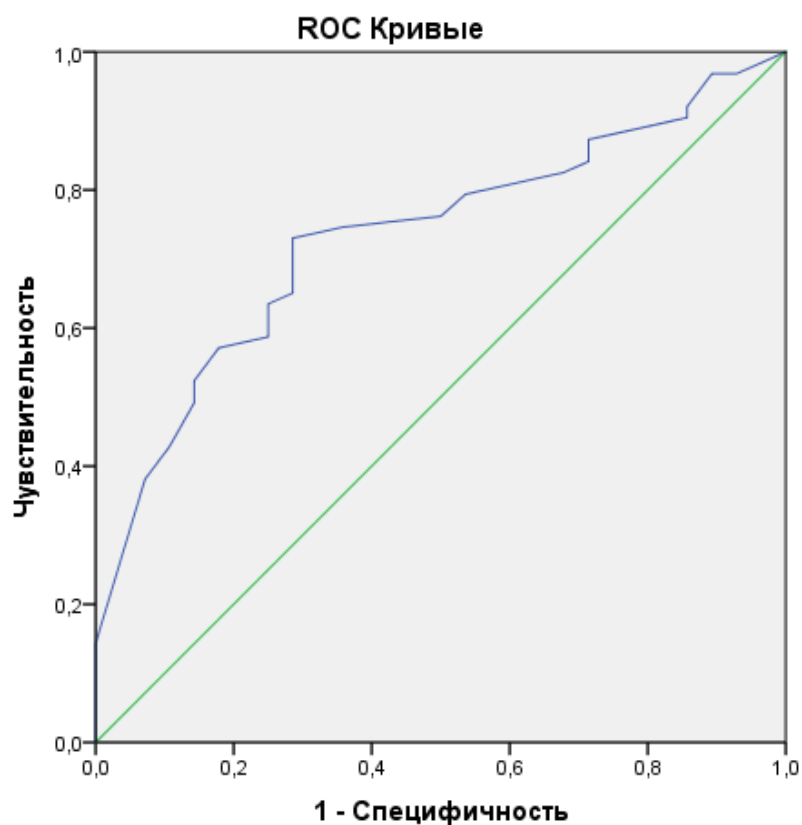


Рис. 3.8. ROC кривая для показателя PI

Кроме того, нами были определены средние показатели остаточного кифоза в случаях развития БСОПП на фоне PI менее  $51^\circ$ . Так, среднее значение величины остаточного кифоза в этих условиях составляло  $6,55^\circ \pm 2,1$ , в то время как средние показатели остаточного кифоза в случаях развития БСОПП при PI более  $51^\circ$

равнялись  $15,25^\circ \pm 2,1$  ( $p < 0,001$ ). Таким образом, развитие БСОПП в условиях низких компенсаторных возможностей происходит при значительно меньшей остаточной кифотической деформации.

Также был проведен анализ, направленный на определение пороговой величины остаточной кифотической деформации, при которой проявляется статистически значимое влияние на частоту развития БСОПП у пациентов с тазовым индексом менее  $51^\circ$ . По результатам ROC анализа пороговое значение величины остаточного кифоза, оказывающее значимое влияние на развитие БСОПП на фоне  $PI < 51^\circ$ , составляет  $5^\circ$  с чувствительностью 85% и специфичностью 47,1%.

Полученные результаты ретроспективной части исследования позволили сформировать статистическую гипотезу и легли в основу проспективного этапа исследования с целью оценки клинических и функциональных результатов в отдаленном периоде послеоперационного наблюдения.

### **3.2. Обсуждение полученных результатов**

Тактика оперативного лечения ригидных посттравматических деформаций грудопоясничного отдела позвоночника остается предметом обсуждения в профильной литературе на протяжении длительного времени (Усиков В. Д. с соавт., 2010; Прудникова О.Г. с соавт., 2019; Vaccaro A.R. et al., 2001; Joaquim A.F. et al., 2016; Avila J.M. et al., 2019). При этом цели и основные задачи хирургического вмешательства заключаются в коррекции локальной деформации, первично стабильной фиксации и создании условий для формирования костного блока в биомеханически выгодном положении (Рерих В.В. с соавт., 2016; Cecchinato R. Et al., 2014).

Ригидность деформации, особенно при наличии вентрального костного блока, повышает продолжительность и травматичность этапа хирургической коррекции, а также зачастую требует проведения многоэтапного вмешательства (Рерих В.В. с соавт., 2016; Khoueir P. et al., 2008; Cecchinato R. et al., 2014).

Хирургическая коррекция ригидных деформаций возможна за счет проведения различных остеотомий позвоночника. Наиболее распространёнными вариантами при лечении пациентов описанного профиля являются вертебротомии по типу Schwab 3, 4 и 5 (Cecchinato R. et al., 2014; Schwab F. et al., 2014). При этом остеотомия по типу Schwab 5 (Vertebral Column Resection; VCR) является методом выбора при выраженных кифотических и многоплоскостных деформациях и может быть выполнена как в один этап из дорзального доступа (VCR posterior; VCR p), так и посредством комбинированного доступа с вентральной резекцией тела позвонка и задней стабилизацией (VCR anterior + posterior; VCR a+p) (Cecchinato R. et al., 2014). Остеотомия по типу Schwab 3 и 4 или педикулярная субтракционная остеотомия позвонка (Pedicule Substraction Osteotomy; PSO) в ее различных модификациях также широко применяется у пациентов данного профиля, однако имеет ограниченные возможности коррекции и неоднозначные отдаленные результаты по литературным данным (Прудникова О.Г. с соавт., 2019; El-Sharkawi M.M. et al., 2011; Xi Y.M. et al., 2013; Jo D.J. et al., 2015; Hu W. et al., 2016).

Определенные трудности вызывает также наличие костного сращения задних элементов позвоночного столба на уровне деформации. Данные обстоятельства зачастую игнорируются в связи с желанием хирургов избежать трехэтапного оперативного лечения с первичной задней мобилизацией, особенно у неврологически интактных пациентов. При этом коррекция из переднего доступа оказывается неполной либо сопровождается переломом замыкательных пластинок позвонков при чрезмерно прилагаемой дистракции к передней опорной колонне (Zeng Y. et al., 2013; Mazel C. et al., 2018).

Ретроспективная часть исследования была направлена на сравнительную оценку результатов коррекции ригидных посттравматических деформаций грудопоясничного отдела позвоночника, проведенной по методикам VCR a+p и VCR p.

По результатам анализа общих характеристик и основных клинико-рентгенологических проявлений у пациентов ретроспективной части

исследования было выявлено отсутствие статистически значимых различий в группах сравнения перед предстоящим оперативным вмешательством.

Оценка корреляции уровня болевого синдрома и качества жизни пациентов с основными рентгенологическими параметрами до оперативного лечения позволила выявить отрицательную корреляцию показателей болевого синдрома ( $p < 0,001$ ) и индекса нарушения жизнедеятельности ( $p = 0,007$ ) с показателями тазового индекса (PI). Данная зависимость, вероятнее всего, обусловлена истощением компенсаторных возможностей у пациентов с низким значением PI.

Анализ основных показателей раннего послеоперационного периода выявил, что у пациентов группы VCR p средние показатели объема интраоперационной и дренажной кровопотери, а также средняя продолжительность стационарного этапа лечения после операции были значимо выше, чем у пациентов группы VCR a+p ( $p < 0,001$ ), что свидетельствует о более высокой травматичности данного хирургического подхода.

Оценка изменений рентгенологических параметров в исследуемых группах после оперативного лечения показала лучшую коррекцию кифотического компонента деформации у пациентов группы VCR p (85,6%) по сравнению с пациентами группы VCR a+p (80,5%) ( $p = 0,006$ ), однако нарушений глобального баланса позвоночника при этом не было выявлено у пациентов обеих групп. Данные результаты могут быть следствием высоких компенсаторных возможностей у пациентов преимущественно молодого возраста. С другой стороны, постоянная работа компенсаторных механизмов вызывает перегрузку прежде всего поясничного отдела позвоночника, что может способствовать раннему развитию дегенеративной патологии и клинически проявляться нарастающим болевым синдромом (Barrey C. et al., 2013; Mazel C. et al., 2018; Sebaaly A. et al., 2018; Olivares O.B. et al., 2021).

Также после оперативного лечения в обеих группах было выявлено значимое увеличение средних показателей грудного кифоза и уменьшение величин поясничного лордоза, что указывало на уменьшение выраженности задействованных компенсаторных механизмов. Кроме того, в группах были

отмечены значимые изменения показателей наклона крестца (SS) и наклона таза (PT) вследствие антеверсии таза после коррекции кифотической деформации.

Анализ корреляций степени коррекции кифотического компонента деформации показал наличие статистически значимых связей с методом оперативного лечения (VCR p / VCR a+p), типом первичного повреждения и в большей степени с наличием элементов дорсального костно-фиброзного сращения (коэффициент корреляции 0,505;  $p < 0,001$ ).

Оценка клинических результатов показала эффективность описанных хирургических методик в виде снижения уровня болевого синдрома в спине и индекса нарушения жизнедеятельности через 3 месяца после операции. Однако в среднесрочном и отдаленном послеоперационных периодах наблюдения у пациентов группы комбинированного лечения наблюдалась статистически значимая тенденция к увеличению интенсивности болевого синдрома и снижению качества жизни с 12 месяцев и далее.

Анализ частоты развития осложнений выявил значимые различия в группах в раннем периоде наблюдения. Такие осложнения преобладали у пациентов группы VCR p ( $p = 0,003$ ), что также свидетельствует о более высокой травматичности данной методики. Частота поздних осложнений значимо не различалась у пациентов исследуемых групп ( $p = 0,648$ ). При этом в литературе преимущественно описывается высокая травматичность вертебротомии 5-го типа по Schwab в сравнении с менее агрессивными вариантами хирургической коррекции (El-Sharkawi M.M. et al., 2011; Cecchinato R. et al., 2014; Mazel C. et al., 2018).

Несмотря на относительно низкую частоту осложнений среднесрочного и отдаленного периодов, после коррекции посттравматической деформации – 20 (22%) осложнений у 14 (15,4%) пациентов в когорте, в проведенном исследовании было отмечено значительное число неудовлетворительных результатов лечения со снижением качества жизни всей когорты пациентов. Соответствующие результаты были обусловлены развитием в некоторых случаях выраженного болевого



синдрома в поясничном отделе позвоночника. Данная патология была выявлена у 28 пациентов (30,8%) общей когорты.

При этом на основании проведенного анализа факторов риска развития данной патологии не было получено статистически значимой зависимости БСОПП от показателей глобального баланса позвоночника и частоты осложнений отдаленного периода. Однако по результатам данного анализа было выявлено влияние на описанный болевой синдром величины тазового индекса (PI) ( $p < 0,001$ ) и остаточной кифотической деформации ( $p = 0,003$ ). При этом влияние остаточного локального кифоза прослеживалось у пациентов с низкими показателями PI и, как следствие, низкими компенсаторными возможностями нарушений сагиттального баланса. Кроме того, по результатам регрессионного анализа было выявлено, что увеличение тазового индекса на  $1^\circ$  уменьшает шанс развития БСОПП на 25% ( $p < 0,001$ ), а увеличение остаточного кифоза на  $1^\circ$  повышает шанс развития БСОПП на 33% ( $p = 0,003$ ).

Дальнейший анализ показал, что пороговое значение показателя тазового индекса, при котором определялось значимое влияние на шансы развития БСОПП, составляло  $51^\circ$ . Так, PI менее  $51^\circ$  являлся фактором риска развития БСОПП с чувствительностью 73% и специфичностью 71,4%. При этом остаточная кифотическая деформация не являлась самостоятельным фактором риска развития БСОПП, однако с увеличением на  $1^\circ$  повышала шансы появления данного осложнения на 33% при сопутствующем влиянии показателя PI.

Кроме того, анализ развития БСОПП показал значительно меньшую среднюю величину остаточного кифоза на фоне низкого тазового индекса (PI  $< 51^\circ$ ), чем при показателях PI  $> 51^\circ$ . Таким образом, развитие БСОПП в условиях низких компенсаторных возможностей (PI  $< 51^\circ$ ) происходит при значительно меньшей остаточной кифотической деформации. При этом нами было определено, что при величине остаточного кифоза более  $5^\circ$  у пациентов с тазовым индексом менее  $51^\circ$  проявляется статистически значимое влияние на частоту развития БСОПП.

## ГЛАВА 4

### АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ ПРОСПЕКТИВНОЙ ГРУППЫ И ОБОСНОВАНИЕ АЛГОРИТМА ВЫБОРА ТАКТИКИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПРОФИЛЬНЫХ ПАЦИЕНТОВ

В данной главе представлены итоги проспективного исследования, проведенного в отделении патологии позвоночника «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» с 2019 по 2021 г. В данную часть работы вошло 30 пациентов с застарелой ПТД грудопоясничного отдела позвоночника на фоне низких значений тазового индекса, прооперированных в один этап из дорсального доступа. Были проанализированы телерентгенограммы позвоночника у всех пациентов до, после оперативного лечения и на сроках наблюдения до 24 месяцев. В проспективном исследовании на момент первого и последующих контрольных осмотров из 30 пациентов, включенных в исследование, выбывших из наблюдения не было. Таким образом, ближайшие (до 6 месяцев), среднесрочные (6-18 месяцев) и отдаленные (более 18 месяцев) результаты удалось отследить у всех пациентов данной группы.

#### 4.1. Результаты лечения пациентов проспективной группы

Основной задачей проспективного этапа исследования являлся анализ частоты развития болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника после оперативного лечения пациентов с ригидными ПТД грудопоясничного отдела позвоночника на фоне низких возможностей компенсации нарушений сагиттального профиля. Для этого группа проспективной части исследования была сформирована на основании узких критериев включения и исключения.

Таким образом, в проспективную часть исследования вошли 30 пациентов с посттравматическими деформациями грудопоясничного отдела и тазовым индексом менее  $51^\circ$ . Критериями включения также являлись ригидность деформации и величина локального кифоза более  $35^\circ$ . Критерии исключения соответствовали описанным для пациентов ретроспективной когорты. Все

пациенты были прооперированы одноэтапно из дорсального доступа по методике, описанной в ретроспективной части исследования, при этом особое внимание уделялось коррекции локальной кифотической деформации. Так, во время операции оценивалась не только корректность положения межтелового импланта, но и проводились измерения величины коррекции и остаточной кифотической деформации в сагиттальной плоскости по данным интраоперационного рентгенологического контроля. При этом в случае недостаточной коррекции проводилось позиционирование межтелового импланта в более вентральное положение с компрессией на транспедикулярных винтах. Коррекция считалась достигнутой при величине остаточной кифотической деформации не более  $5^\circ$ .

Среднее значение времени послеоперационного наблюдения составило  $16,8 \pm 3,4$  месяца.

#### 4.1.1. Общая характеристика пациентов проспективной группы

Средний возраст пациентов составил  $43,9/42$  (30; 57,5) лет. Основные характеристики исследуемых пациентов представлены ниже (рис 4.1).

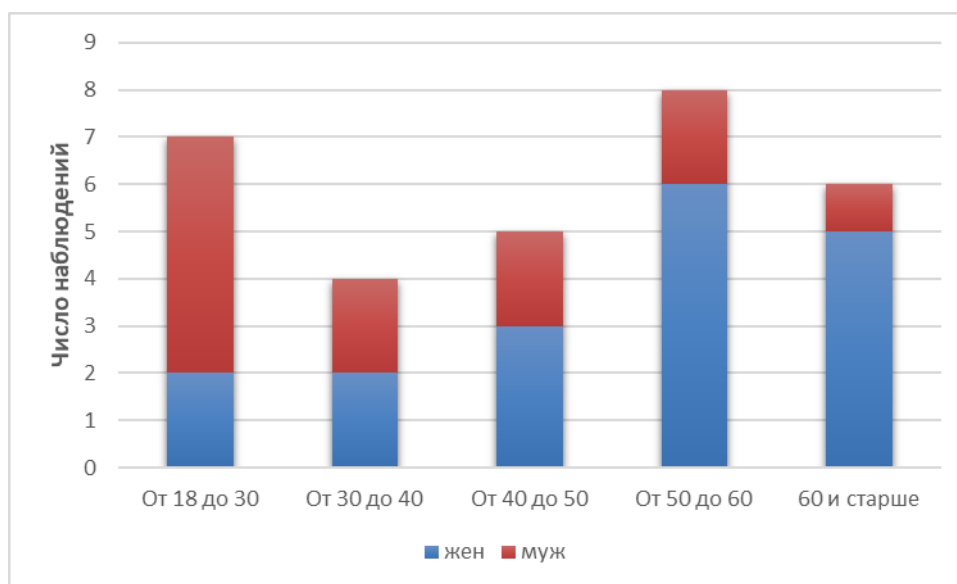


Рис. 4.1. Гистограмма распределения больных по полу и возрасту

Анализ распределения по полу и возрасту также показал преобладание мужчин среди пациентов до 40 лет (63,6%) и женщин среди лиц старше 50 лет (78,6%).

Среднее время, прошедшее с момента травмы, составило  $12,3 \pm 3,4$  месяцев. При этом распределение пациентов по данному критерию не выявило статистически значимых отклонений (рис. 4.2).

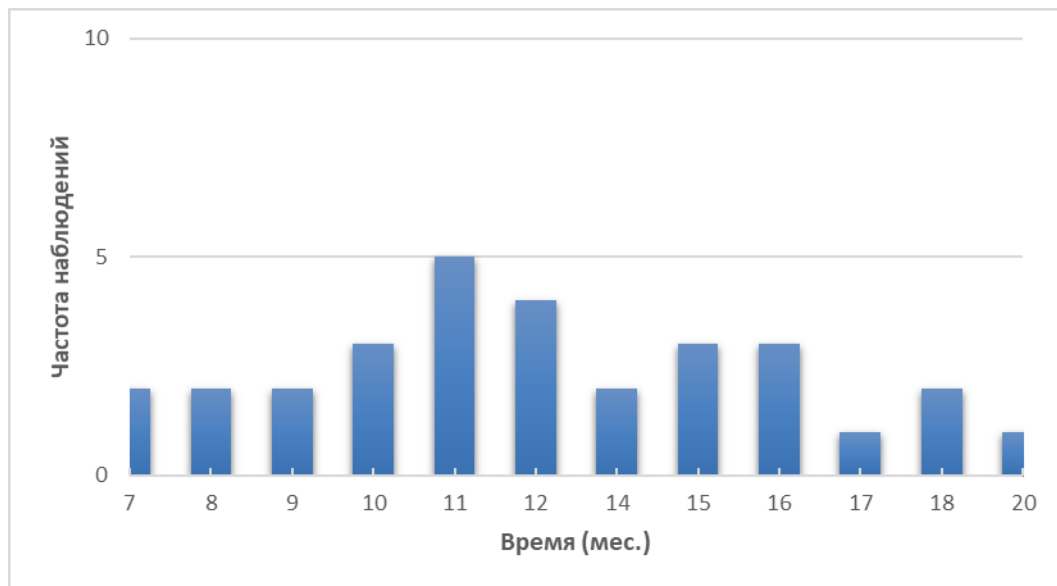


Рис. 4.2. Гистограмма распределения больных по времени с момента травмы

Анализ частоты переломов позвонков грудопоясничного отдела выявил более высокие показатели на уровне Th12 и L1 (86,7%) в сравнении с Th11 и L2 (13,3%) (рис. 4.3).

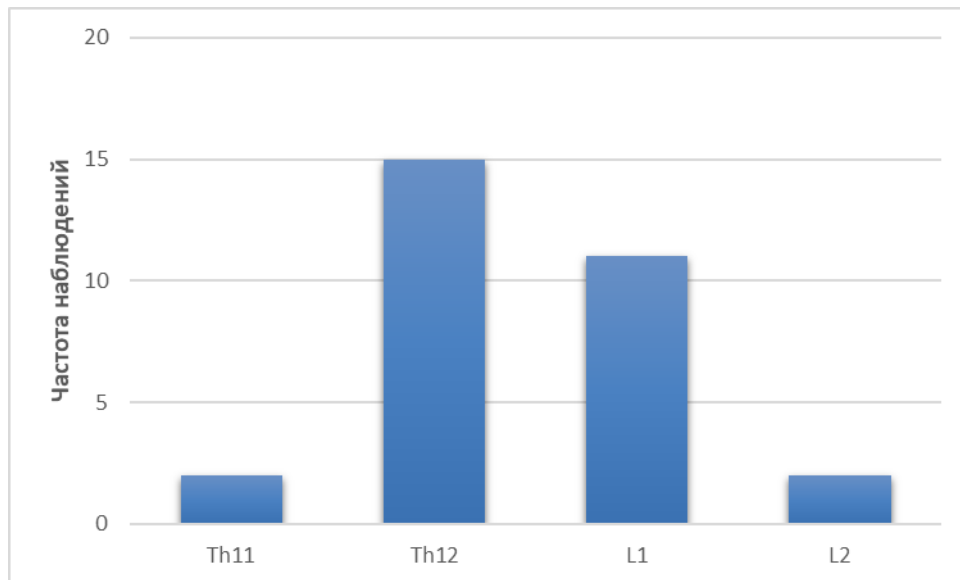


Рис. 4.3. Гистограмма распределения больных по локализации перелома

#### 4.1.2. Основные показатели раннего послеоперационного периода

Средние значения основных показателей раннего послеоперационного периода, представленные в таблице 4.1, были сопоставимы с показателями группы VCR р ретроспективной части исследования.

Таблица 4.1

Основные показатели раннего послеоперационного периода

Параметры	Проспективная группа (n = 30)
Продолжительность операции (мин.)	265,7/260 (240; 280)
Объем интраоперационной кровопотери (мл)	943,3/900 (675; 1200)
Объем дренажной кровопотери (мл)	211,7/200 (150; 212,5)
Госпитализация п/о (дни)	10,3/9 (8; 13)

#### 4.1.3. Анализ изменений рентгенологических параметров у пациентов проспективной группы

Анализ основных рентгенологических параметров проводился на основании телерентгенограмм позвоночника в прямой и боковой проекциях до и после оперативного лечения. Результаты данного анализа представлены в таблице 4.2.

Основные рентгенологические параметры в исследуемых группах до и после операции

Параметры	Проспективная группа (n = 30)		p-значение*
	до	после	
CSVL (мм)	14,3/13,5 (7,8; 18,3)	2,6/2,5 (1; 4,3)	<0,001
SVA (мм)	45,7/45 (39,5; 55)	4,6/4 (3; 6)	<0,001
TK (°)	16,6/16,5 (14; 21)	25,7/26 (23,8; 28)	<0,001
LL (°)	65,8/66,5 (61,5; 70,3)	47,6/48 (42; 52)	<0,001
SS (°)	19,8/21 (16; 24)	36,2/35 (33; 40)	<0,001
PT (°)	26,3/26,5 (23; 29,3)	9,8/10 (7,8; 12)	<0,001
Локальный кифоз (°)	52,5/51,5 (42; 60)	1,7/2 (0; 2,3)	<0,001

\* по критерию Вилкоксона

По результатам данного анализа статистически значимые изменения были получены для всех оцениваемых параметров ( $p < 0,001$ ).

#### 4.1.4. Анализ динамики клинических проявлений у пациентов проспективной группы

Для оценки клинических результатов был проведен анализ динамики болевого синдрома в спине и качества жизни пациентов. Контрольные осмотры при этом выполнялись через 3, 6, 12, 18 и 24 месяца. Среднесрочные результаты (3–12 месяцев) удалось отследить у 30 (100%) пациентов. Отдаленные результаты (18–24 месяца) с учетом сроков проведенного лечения были проанализированы у 23 (76,7%) больных. Болевой синдром оценивался по десятибалльной визуально-аналоговой шкале, качество жизни – по индексу нарушения жизнедеятельности Освестри (ODI).

##### 4.1.4.1. Оценка динамики болевого синдрома в спине

Анализ динамики болевого синдрома в спине у пациентов ретроспективного исследования показал значимое снижение данного показателя через 3 месяца после операции ( $p < 0,001$ ). При этом в отдаленном периоде сохранялась тенденция снижения интенсивности болевого синдрома (рис. 4.4).

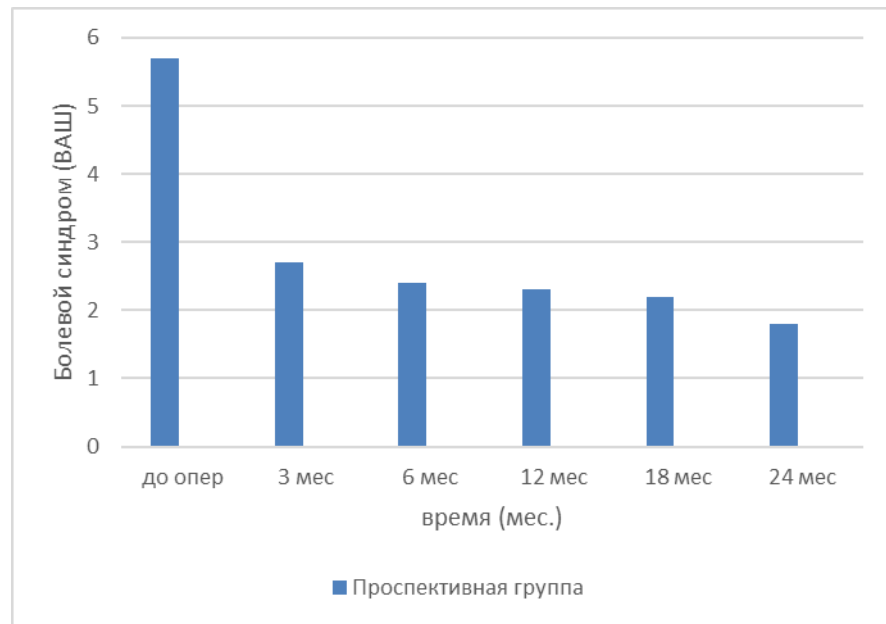


Рис. 4.4. Динамика болевого синдрома в спине после хирургического лечения у пациентов проспективной группы

#### 4.1.4.2. Оценка динамики качества жизни

Качество жизни пациентов, оцениваемое по ODI, также имело значимую положительную динамику после оперативного вмешательства ( $p < 0,001$ ) с сохранением соответствующей тенденции на время периода наблюдения (рис. 4.5).

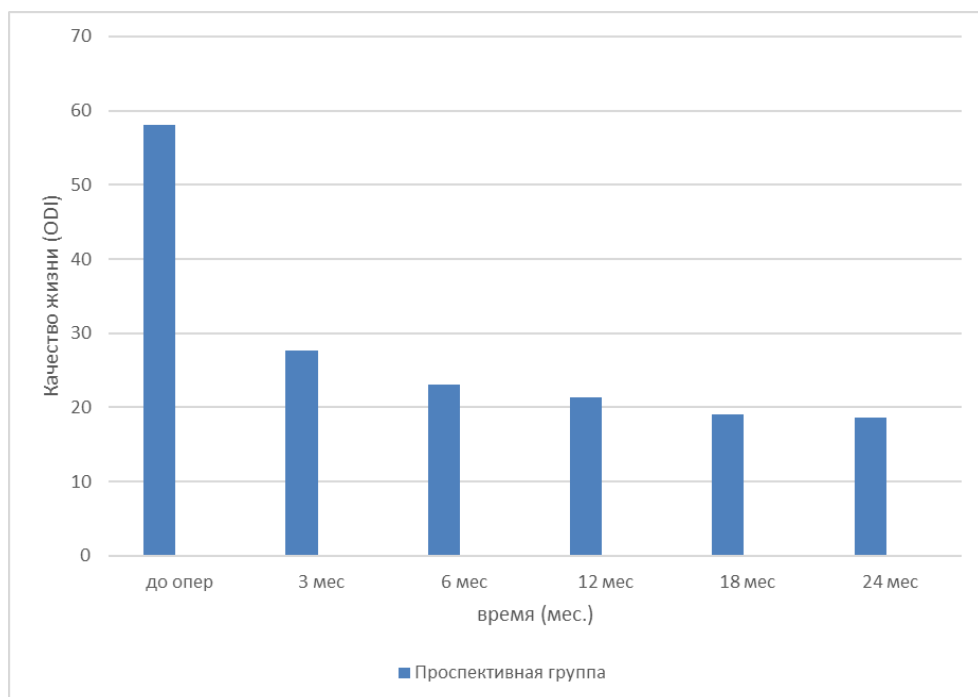


Рис. 4.5. Динамика качества жизни пациентов проспективной группы после хирургического лечения

#### 4.1.5. Анализ осложнений хирургического лечения

Всего в проспективной группе было выявлено 31 осложнение у 14 (46,7%) пациентов. При этом в периоперационном периоде было выявлено 22 осложнения у 11 пациентов, а в позднем периоде 9 осложнений у 6 пациентов.

##### 4.1.5.1. Анализ осложнений периоперационного периода

Интраоперационно были получены повреждения ТМО у 5 пациентов (16,7%). Остальные осложнения (n=17) были выявлены в послеоперационном периоде у 9 человек (табл. 4.3).

Таблица 4.3

Анализ структуры и частоты развития осложнений хирургического лечения  
периоперационного периода

Осложнения	Проспективная группа (n = 30)
Повреждение ТМО	5 (16,7%)
Инфекция	2 (6,7%)
Глубокая инфекция	1 (3,3%)
Поверхностная инфекция	1 (3,3%)
Нарастание неврологического дефицита (>1 ст по ASIA)	2 (6,7%)
Ликворея	3 (10%)
Мальпозиция имплантов	1 (3,3%)
Гемоторакс	1 (3,3%)
Анемия средней и тяжелой степени (Hb <90 г/л)	7 (23,3%)
Тромбоэмболия легочной артерии	1 (3,3%)
Всего осложнений (количество пациентов)	22 (11)



#### 4.1.5.2. Анализ осложнений среднесрочного и отдаленного периодов

Среди осложнений среднесрочного и отдаленного периодов (более 6 месяцев после операции) у пациентов проспективной группы отмечалась нестабильность металлоконструкции, развитие проксимального переходного кифоза и формирование псевдоартрозов. Кроме того, оценивалась частота развития БСОПП (табл. 4.4).

Так, нестабильность металлоконструкции определялась по данным КТ была выявлена у 3 пациентов (10%), при этом у двоих пациентов нестабильность конструкции сопровождалась развитием псевдоартроза на уровне межтелового имплантата. Патологический кифоз непосредственно проксимальнее зоны фиксации был выявлен у двоих (6,7%) пациентов.

Таблица 4.4

Анализ структуры и частоты развития осложнений среднесрочного и отдаленного послеоперационных периодов

Осложнения	Проспективная группа (n = 30)
Нестабильность металлоконструкции	3 (10%)
Проксимальный переходный кифоз	2 (6,7%)
Псевдоартрозы	2 (6,7%)
БСОПП	2 (6,7%)
Всего осложнений (количество пациентов)	9 (6)

Болевой синдром в поясничном отделе в отдаленном послеоперационном периоде определялся у 2 (6,7%) пациентов. Всего в отдаленном послеоперационном периоде было выявлено 9 осложнений у 6 пациентов (20%). 4 пациентам потребовалось ревизионное оперативное вмешательство.

## **4.2. Совершенствование алгоритма выбора тактики хирургического лечения пациентов с ригидными посттравматическими деформациями грудного отдела**

Выбор методики хирургической коррекции ригидной ПТД зависит от многочисленных факторов, включающих величину локальной деформации, морфологию предшествующего повреждения, позвоночно-тазовые соотношения, наличие предшествующих операций, выраженность костного блока, степень неврологического дефицита, технические возможности проведения соответствующих оперативных вмешательств, уровень навыков оперирующего хирурга и прочих параметров (De Gendt E.E.A. et al., 2021; Alsayed M.A., Elaal M.A., 2024).

Систематизация хирургических подходов, применяемых для лечения данной патологии, представляет на сегодняшний день большой интерес. При этом оптимальная хирургическая тактика лечения ригидных деформаций со значительным кифотическим компонентом наиболее важна вследствие травматичности и технической сложности планируемых вмешательств.

Анализ современной литературы не дает стандартизированных подробных рекомендаций по тактике лечения пациентов данного профиля, ограничиваясь показаниями к проведению различных типов остеотомий на основании мобильности деформации и величины ее кифотического компонента (Zeng Y. et al., 2013; Kose K.C. et al., 2017; Mazel C. et al., 2017; Liu F.Y. et al., 2020; Pishnamaz M. et al., 2020; Kang D. et al., 2022; De Gendt E.E.A. et al., 2023; Ma Z. et al., 2023; Wang Q. et al., 2023).

На основании результатов, полученных в ходе диссертационного исследования, а также обобщения литературных данных, описанных выше, нами предложен собственный алгоритм выбора оптимальной тактики хирургического лечения пациентов с ригидными ПТД грудного отдела позвоночника (рис. 4.6).

Так, основным критерием для определения показаний к проведению высокотравматичных вертебротомий остается величина кифотического компонента локальной деформации (Sun T.S. et al., 2007; Cecchinato R. et al., 2014; Ghobrial G.M. et al., 2014; Rahman M.M. et al., 2018; De Gendt E.E.A. et al., 2021; Pishnamaz M. et al., 2020; Alsayed M.A., Elaal M.A., 2024).

При этом, по данным литературы, возможности коррекции кифотических деформаций позвоночника без полноценной трехколонной резекции ограничиваются 30°-35° (Перих В.В. с соавт., 2016; Bridwell K.H. et al., 2003; Suk S.I. et al., 2005; Buchowski J.M. et al., 2008; Cecchinato R. et al., 2014; Kose K.C. et al., 2017).

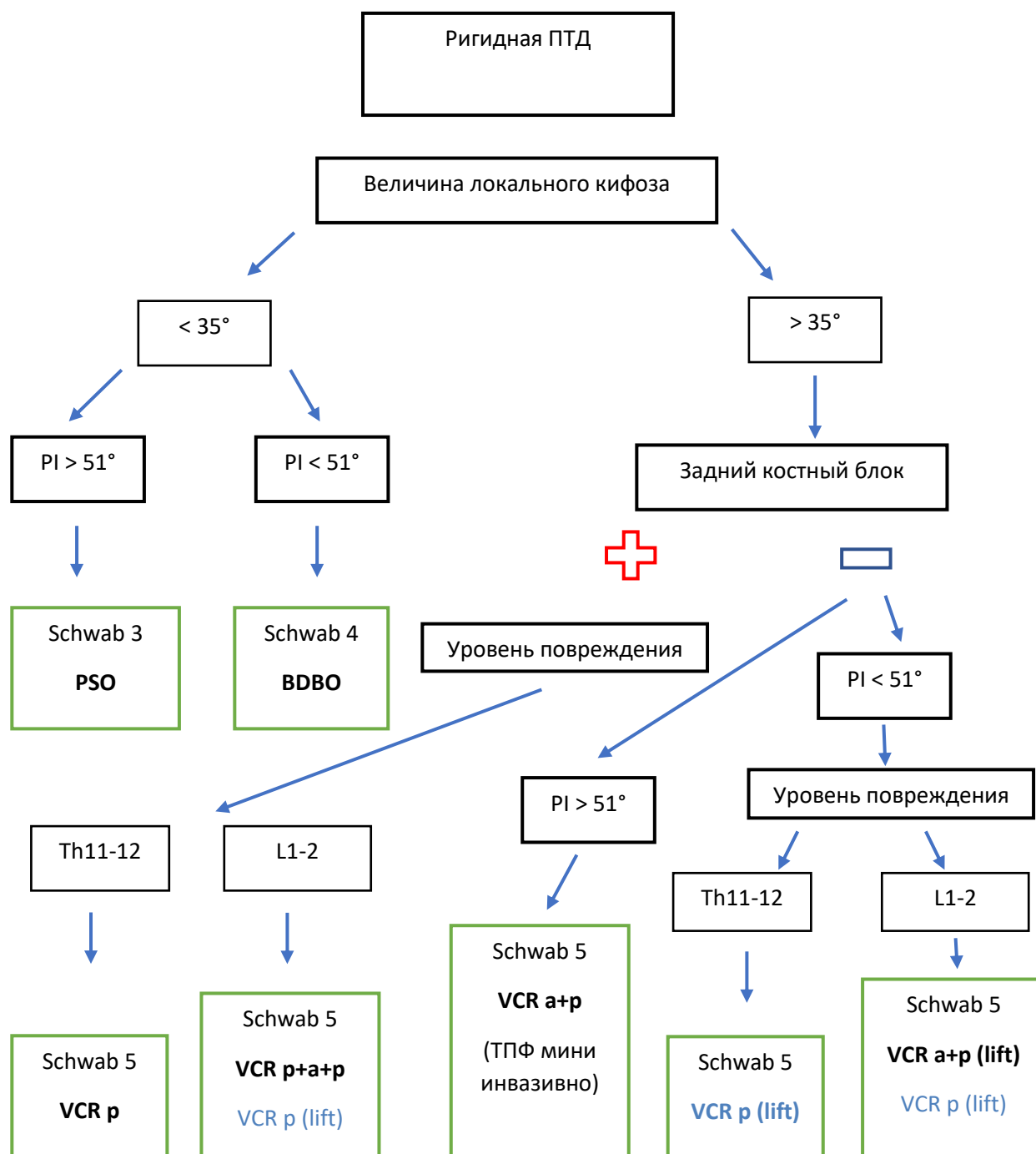


Рис. 4.6. Предложенный алгоритм выбора оптимального метода оперативного вмешательства для пациентов с ригидными посттравматическими деформациями груднопоясничного отдела позвоночника

Таким образом, наличие кифоза менее  $35^\circ$ , по мнению большинства специалистов, является показанием к выполнению укорачивающих остеотомий позвонка по типу Schwab 3 и 4 (Gao R. et al., 2015; Gupta A. et al., 2015; Chen F. et al., 2016; Zhao Q.H. et al., 2018; Charles Y.P. et al., 2020; Liu F.Y. et al., 2020; Choi

Н.У. et al., 2022; Faldini C. et al., 2022; Ma Z. et al., 2023). В то время как кифотическая деформация, превышающая  $35^\circ$ , должна быть скорректирована посредством вертебротомии 5-го типа по Schwab (Suk S.I. et al., 2005; Zhang X.S. et al., 2010; El-Sharkawi M.M. et al., 2011; Kobbe P. et al., 2020; Mejia-Munne J.C. et al., 2021; Wang Q. et al., 2023). При этом во всех случаях нами предложена обязательная оценка величины тазового индекса (PI) как основного показателя компенсаторных возможностей нарушений сагиттального профиля (Борзых К.О., Перих В.В., 2023; Roussouly P. et al., 2011; Matsumoto K. et al., 2018; Sebaaly A. et al., 2018; Olivares O.B. et al., 2021; Marie-Hardy L. et al., 2024). Данный параметр является ключевым в прогнозировании отдаленных результатов хирургического лечения. Так, при наличии ригидной кифотической деформации менее  $35^\circ$  на фоне показателя тазового индекса более  $51^\circ$  оптимальным вариантом должна являться остеотомия ножки позвонка, наименее травматичная из всех описываемых методик хирургической коррекции, (Schwab 3; PSO) (Debargе R. et al., 2011; Xi Y.M. et al., 2013; Gao R. et al., 2015). При этом возможная недостаточная коррекция не будет способствовать перегрузке компенсаторных механизмов вследствие их значительных возможностей. В случаях наличия кифотической деформации величиной до  $35^\circ$  в условиях низких компенсаторных возможностей (PI  $<51^\circ$ ) необходима максимально полная коррекция локального кифоза, что достигается посредством расширения описанной выше остеотомии за счет резекции каудальной части тела вышележащего позвонка (Schwab 4; BDBO) (Li J. et al., 2014; Zhao Q.H. et al., 2018; Liu F.Y. et al., 2020; Liu W. et al., 2020; Mejia-Munne J.C. et al., 2021; Choi H.Y. et al., 2022; Faldini C. et al., 2022).

При наличии ригидной деформации грудопоясничного отдела с кифотическим компонентом более  $35^\circ$ , наряду с анализом показателя тазового индекса, в рамках предоперационного планирования необходимо оценить наличие дорсального костного блока. Так, при наличии дорсального костного сращения для минимизации рисков неврологических осложнений необходимо оценивать уровень повреждения. В случае планирования вертебротомии на уровне грудных позвонков методом выбора является одноэтапное оперативное лечение из заднего

доступа с коррекцией деформации посредством остеотомии 5-го типа по Schwab (VCR p) (Suk S.I. et al., 2005; Zhang X.S. et al., 2010; El-Sharkawi M.M. et al., 2011; De Gendt E.E.A. et al., 2021; Ma Z. et al., 2023). Во время данного хирургического вмешательства возможна без неврологических последствий перевязка нервных корешков с их последующим пересечением для полноценного удаления отломков поврежденного тела позвонка и установки межтелового импланта должного размера. В случае повреждения позвонков поясничного отдела позвоночника у пациентов с подтвержденным дорсальным костным блоком неврологически более безопасным является проведение трехэтапного оперативного лечения в одну операционную сессию (VCR p+a+p) (Kobbe P. et al., 2020). Первым этапом в этом случае проводится мобилизация дорсальных структур с установкой транспедикулярных винтов, следующим этапом выполняется вентральная мобилизация из переднебокового доступа с коррекцией деформации и установкой межтелового импланта, на заключительном этапе выполняется окончательная фиксация транспедикулярной системы. При наличии определенных хирургических навыков и технической возможности имплантации раздвижного межтелового кейджа, возможно выполнение вмешательства в данном объеме из заднего доступа (VCR p) (Kose K.C. et al., 2017; Kang D. et al., 2022).

При отсутствии заднего костного блока у пациентов с высокими компенсаторными возможностями ( $PI > 51^\circ$ ) целесообразно выполнение менее травматичного двухэтапного вмешательства с вентральной мобилизацией, установкой межтелового имплантата и коррекцией деформации из переднебокового доступа с последующей стабилизацией ригидными транспедикулярными системами (VCR a+p) (Morrison R. et al., 2015). При этом дорсальную стабилизацию с целью уменьшения травматичности оперативного вмешательства предпочтительно выполнять закрытыми системами чрескожной фиксации (Charles Y.P. et al., 2020; Camacho J.E. et al., 2022). В случае отсутствия костного сращения по задним элементам позвоночника у пациентов с низкими компенсаторными возможностями ( $PI < 51^\circ$ ) обязательно оценивается уровень исходного повреждения, соответствующий уровню выполнения вертебротомии. В

случае планирования вмешательства на уровне грудных позвонков для максимально управляемой коррекции предпочтительно выполнять одноэтапное оперативное лечение из заднего доступа с остеотомией 5-го типа по Schwab (VCR p) с использованием раздвижного кейджа. В случае необходимости проведения остеотомии на позвонках поясничного отдела рекомендуется выполнение менее менее рискованного в неврологическом плане двухэтапного вмешательства (VCR a+p) при технической возможности имплантации раздвижного межтелового кейджа для контролируемой коррекции кифотического компонента деформации. При наличии соответствующих технических навыков в данных условиях также возможно проведение изолированного вмешательства из заднего доступа с коррекцией деформации посредством остеотомии 5-го типа по Schwab (VCR p) (Cecchinato R. et al., 2014; Alsayed M.A., Elaal M.A., 2024).

Таким образом, предложенный и подробно представленный в настоящем разделе алгоритм выбора оптимальной методики хирургического вмешательства у пациентов с ригидными посттравматическими деформациями груднопоясничного отдела позвоночника основан на результатах собственных исследований и обобщения данных литературы. В нем учтены клинически важные рентгенографические параметры, а особое значение уделяется определению условий для необходимости максимальной коррекции деформации и возможностей снижения травматичности хирургического лечения.

### **4.3. Обсуждение полученных результатов**

Целью проспективной части данной работы являлось практическая апробация результатов ретроспективного исследования у пациентов группы риска по развитию болевого синдрома в поясничном отделе в отдаленном послеоперационном периоде. Для этого нами оценивались ближайшие, среднесрочные и отдаленные результаты лечения пациентов с посттравматическими деформациями на фоне низких возможностей компенсации нарушений сагиттального баланса. В данное исследование вошли пациенты группы риска развития болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника в

отдаленном послеоперационном периоде ( $PI < 51^\circ$ ). Хирургическое лечение проводилось из заднего доступа для увеличения возможностей коррекции деформации и ее управляемости. Величина остаточного локального кифоза при этом не должна была превышать  $5^\circ$ .

По данным литературы, коррекция локальной кифотической деформации посредством дорсальных вертебротомий обладает рядом преимуществ перед классическим подходом комбинированным доступом. Так, в условиях ригидных деформаций вентральный этап оперативного вмешательства без предварительной дорсальной мобилизации может не привести к запланированной величине коррекции. Кроме того, ригидность деформации повышает риски интраоперационного повреждения замыкательных пластинок во время прямой репозиции специальным инструментарием или раздвижными имплантатами, что крайне неблагоприятно сказывается на первичной стабильности фиксации (Zeng Y. et al., 2013; Cecchinato R. et al., 2014; Kobbe P. et al., 2020; Kang D. et al., 2022; Wang Q. et al., 2023; Alsayed M.A., Elaal M.A., 2024).

Возможности коррекции кифотического компонента деформации посредством дорсальных вмешательств значительно выше за счет применения репозиционного инструментария транспедикулярных систем и ортопедического стола. При этом достигается наиболее точное соответствие степени коррекции деформации параметрам предоперационного планирования (Chen Z.W. et al., 2012; Cecchinato R. et al., 2014; Avila J.M. et al., 2019; Faldini C. et al., 2022).

Таким образом, в случаях необходимости максимально точного соответствия величины коррекции запланированным параметрам методикой выбора следует считать одноэтапное вмешательство из заднего доступа с выполнением соответствующей вертебротомии.

Результаты коррекции кифотического компонента деформации в проведенном проспективном исследовании достигали 96,8% ( $52,5/51,5^\circ$  (42; 60) и  $1,7/2^\circ$  (0; 2,3) на до и послеоперационном обследовании соответственно).

Оценка среднесрочных и отдаленных результатов лечения показала значимое снижение интенсивности болевого синдрома в спине и повышение



качества жизни пациентов с сохранением положительной тенденции в периоде наблюдения до 24 месяцев. При этом травматичность коррекции деформации с выполнением переднего спондилодеза из заднего доступа не сопровождалась высокой частотой значительных осложнений, которая не превышала показатели литературных данных (Bridwell K.H. et al., 2003; Zeng Y. et al., 2013; Zeng Y. et al., 2016; Kose K.C. et al., 2017; Patel S.A. et al., 2020; Pishnamaz M. et al., 2020; Pu X. et al., 2023). Кроме того, БСОПП в поясничном отделе, несмотря на низкие компенсаторные возможности всех пациентов проспективной группы, был выявлен только в двух (6,7%) случаях.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее диссертационное исследование было проведено с целью разработки и обоснования оптимального подхода к выбору метода хирургического лечения пациентов с ригидной посттравматической деформацией грудного отдела позвоночника. Основой для указанных обоснований стал критический обзор профильных научных публикаций и анализ результатов хирургического лечения 121 пациента с рассматриваемой патологией в двух ретроспективных и в одной проспективной клинических группах.

Ретроспективный сравнительный анализ рентгенологических параметров был проведен в двух ретроспективных группах, включавших в совокупности 91 профильного пациента, сопоставимых по количеству больных, а также по основным предоперационным клинико-рентгенологическим параметрам.

В первую из этих групп вошло 44 пациента, которым было проведено комбинированное двухэтапное оперативное лечение с вертебротомией 5-го типа по Schwab, коррекцией имеющихся ригидных деформаций грудного отдела позвоночника, установкой межтелового импланта из переднего доступа и последующей окончательной фиксацией позвоночника из заднего доступа (VCR a+p). Вторую ретроспективную клиническую группу составили 47 пациентов, которым было проведено хирургическое лечение с резекцией позвонка, межтеловым корпородезом и транспедикулярной фиксацией исключительно из заднего хирургического доступа (VCR p).

В ходе проведенного диссертационного исследования в двух указанных клинических группах были изучены степень коррекции кифотического компонента деформаций, изменения основных позвоночно-тазовых параметров, динамика клинических проявлений, а также частота и структура осложнений раннего и отдаленного послеоперационного периодов. Полученные количественные показатели были оценены при посредстве статистического анализа. Результаты такого анализа были использованы в дальнейшем для

определения гипотезы и формирования необходимой выборки пациентов проспективной части исследования.

Проведенное нами проспективное клиническое исследование основывалось на анализе результатов лечения 30 пациентов с ригидной посттравматической деформацией грудопоясничного отдела позвоночника на фоне низких значений тазового индекса. Пациенты проспективной группы были прооперированы в один этап из заднего хирургического доступа по методике, описанной в ретроспективной части исследования. При этом целью проспективного этапа была оценка влияния остаточной кифотической деформации на развитие болевого синдрома отдаленного послеоперационного периода (БСОПП) у пациентов с низкими возможностями компенсации нарушений сагиттального профиля позвоночника. Для этого нами проводился анализ ранних и среднесрочных результатов хирургического лечения у пациентов, включенных в проспективную клиническую группу.

Результаты анализа собственного клинического материала, а также данные профильной научной литературы явились основой для обоснования алгоритма выбора оптимальной тактики хирургического лечения пациентов с ригидными посттравматическими деформациями грудопоясничного отдела позвоночника.

Для реализации цели диссертационного исследования были поставлены пять задач, решения которых последовательно представлены далее по тексту заключения.

При решении первой задачи, предполагавшей оценку клинорентгенологических характеристик ригидных деформаций грудопоясничного отдела позвоночника, были получены новые сведения о структуре и частоте первичных повреждений позвонков у профильных пациентов. Так, было установлено, что частота переломов позвонков Th12 и L1 превышала частоту переломов Th11 и L2 в 2,8 раза (73,6% и 26,4% соответственно). Кроме того, у всех пациентов были установлены типы исходного повреждения А и В (по F. Magerl et al., 1995). При этом частота переломов типа А была выше в 1,3 раза (57,1% и 42,9% соответственно). Кроме того, в рамках решения первой задачи

была выявлена отрицательная корреляция показателей болевого синдрома ( $p < 0,001$ ) и индекса нарушения жизнедеятельности ( $p = 0,007$ ) с низкими показателями тазового индекса (PI), что свидетельствовало о перегрузке поясничного отдела позвоночника и крупных суставов нижних конечностей у пациентов с низкими возможностями компенсации нарушений сагиттального профиля позвоночника.

В рамках решения второй задачи исследования, предполагавшей проведение ретроспективного анализа результатов лечения пациентов изученного профиля и их сравнительной оценки в зависимости от объема оперативного вмешательства, были получены данные об основных интраоперационных и рентгенологических параметрах, а также о динамике клинических показателей. В частности, было установлено, что средние показатели объема интраоперационной и дренажной кровопотери, а также средняя продолжительность стационарного этапа лечения после операции были значимо выше у пациентов группы VCR p ( $p < 0,001$ ), у которых операции выполнялись одномоментно из заднего хирургического доступа, что свидетельствует о более высокой травматичности данной хирургической методики по сравнению с этапным лечением из комбинированного доступа.

Оценка изменений рентгенологических параметров после оперативного лечения показала восстановление нормальных показателей глобального баланса позвоночника в обеих изученных ретроспективных клинических группах. При этом, у пациентов группы VCR p была достигнута лучшая коррекция кифотического компонента деформации по сравнению с пациентами группы VCR a+p (85,6% и 80,5% соответственно,  $p = 0,006$ ).

Сравнительная оценка клинических исходов лечения показала эффективность обеих описанных хирургических методик, обеспечивших снижение уровня болевого синдрома в спине и индекса нарушения жизнедеятельности через 3 месяца после операции. Однако в отдаленном периоде наблюдения (12 месяцев и далее) у пациентов группы комбинированного лечения наблюдалась статистически значимая тенденция к увеличению интенсивности

болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника и снижению качества жизни.

В ходе решения третьей задачи диссертационной работы был проведен анализ структуры и частоты развития осложнений в двух ретроспективных клинических группах. При этом значимые различия в исследуемых группах были выявлены в раннем послеоперационном периоде с преобладанием осложнений данной категории у пациентов группы VCR p (p=0,003), что также свидетельствовало о более высокой травматичности данной методики.

Анализ структуры и частоты развития осложнений в отдаленном послеоперационном периоде статистически значимых различий в изученных группах не выявил (p =0,648). При этом в отдаленном периоде было отмечено значительное число неудовлетворительных результатов лечения, обусловленных развитием выраженного болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника у 28 (30,8%) пациентов общей когорты. По результатам анализа факторов риска развития данной патологии было выявлено влияние на описанный болевой синдром величины тазового индекса (PI) (p<0,001), а также остаточной кифотической деформации (p=0,003). Кроме того, по результатам регрессионного анализа было выявлено, что увеличение тазового индекса на 1° уменьшает шанс развития БСОПП на 25% (p<0,001), а увеличение остаточного кифоза на 1° повышает шанс развития БСОПП на 33% (p=0,003). Дальнейший анализ также показал, что остаточный локальный кифоз не являлся самостоятельным фактором риска развития БСОПП, однако с увеличением на 1° шансы появления данного осложнения повышались на 33% при сопутствующем влиянии показателя PI.

Для решения четвертой задачи в ходе проспективного клинического исследования был проведен анализ исходов лечения 30 пациентов с ригидными посттравматическими деформациями грудопоясничного отдела позвоночника и тазовым индексом менее 51°, прооперированных по методике VCR p с интраоперационным контролем коррекции локального кифоза и применением специальных хирургических приемов для достижения величины остаточной кифотической деформации позвоночника не более 5°.

Анализ клинических результатов показал значимое снижение интенсивности болевого синдрома и индекса нарушения жизнедеятельности уже через 3 месяца после оперативного лечения ( $p < 0,001$ ) с сохранением данной тенденции в отдаленном послеоперационном периоде. При этом структура и частота осложнений раннего и отдаленного периодов соответствовала показателям современных литературных источников (Прудникова О.Г. с соавт., 2019; Rahman M.M. et al., 2018; Olivares O.B. et al., 2021; De Gendt E.E.A. et al., 2023). Также, несмотря на низкие компенсаторные возможности пациентов, включенных в проспективное исследование, появление болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника в отдаленном послеоперационном периоде наблюдалось лишь в двух (6,7%) случаях и было снижено практически в три раза (с 19,2%) по сравнению с соответствующим показателем в ретроспективной группе пациентов, прооперированных из заднего хирургического доступа. Таким образом, применение данной методики у профильных пациентов с низкими возможностями компенсации нарушений сагиттального профиля позвоночника представляется весьма перспективным в отношении возможного снижения числа неудовлетворительных результатов хирургического лечения.

Для решения пятой задачи диссертационной работы был проведен анализ результатов, полученных в ходе всего исследования, а также учтены данные профильных научных публикаций, что позволило уточнить показания к применению различных типов остеотомий позвоночника, вариантов оперативных доступов и количеству хирургических этапов у пациентов изученного профиля. В результате проделанной работы был обоснован и представлен оригинальный алгоритм выбора оптимального метода хирургического лечения пациентов с ригидными посттравматическими деформациями грудопоясничного отдела позвоночника. По нашему мнению, выбор оптимальной хирургической тактики должен основываться на ряде показателей, включающих, в частности, величину локальной кифотической деформации, наличие дорсального костного сращения, а также уровень повреждения позвоночника и ориентацию таза.

В предложенном алгоритме нами были выделены семь вариантов хирургической тактики. При этом первые два варианта являются оптимальным выбором в случаях величины локальной кифотической деформации менее  $35^\circ$ . При этом в случаях высоких компенсаторных возможностей ( $PI > 51^\circ$ ) вариантом выбора является менее травматичная вертебротомия (Schwab 3), а у пациентов с низкими компенсаторными возможностями позвоночника ( $PI < 51^\circ$ ) – более агрессивная вертебротомия (Schwab 4), обеспечивающая сравнительно большие возможности коррекции ригидного локального кифоза позвоночника.

Третий вариант (вертебротомия Schwab 5 из заднего доступа) рекомендуется применять у пациентов с локальным кифотическим компонентом более  $35^\circ$ , подтвержденным наличием дорсального костного блока и уровнем остеотомии, включающим позвонки грудного отдела.

Четвертый вариант хирургической тактики состоит из более предпочтительного (Schwab 5 вертебротомия посредством трехэтапного вмешательства из комбинированного доступа) и менее предпочтительного (Schwab 5 вертебротомия из заднего доступа) вмешательства. Данные варианты рекомендуется применять у пациентов с локальным кифозом более  $35^\circ$ , подтвержденным наличием дорсального костного блока и уровнем остеотомии в поясничном отделе позвоночника. При этом менее предпочтительный вариант хирургического лечения (Schwab 5 вертебротомия из заднего доступа) сопряжен с реальным риском повреждения значимых неврологических структур и может считаться приемлемым только в случае наличия достаточного опыта хирургов в проведении хирургических вмешательств такого типа.

Пятый вариант хирургической тактики (Schwab 5 вертебротомия посредством двухэтапного вмешательства из комбинированного доступа) рекомендуется применять у пациентов с локальной кифотической деформации более  $35^\circ$ , отсутствием дорсального костного сращения на уровне повреждения и высокими компенсаторными возможностями позвоночника ( $PI > 51^\circ$ ). Заднюю стабилизацию рекомендуется выполнять специальными системами для чрескожной транспедикулярной фиксации.

Шестой и седьмой варианты тактики хирургического лечения, по нашему мнению, следует применять у пациентов с низкими возможностями компенсации нарушений сагиттального профиля позвоночника ( $PI < 51^\circ$ ). При этом в случае планирования остеотомии на уровне позвонков грудного отдела целесообразно применять вертебротомию 5-го типа по Schwab из заднего доступа. В случае исходного повреждения позвонков поясничного отдела более предпочтительным вариантом является Schwab 5 вертебротомия посредством двухэтапного вмешательства из комбинированного доступа с использованием раздвижных межтеловых имплантатов для контролируемой коррекции кифотической деформации. Следует также отметить, что менее предпочтительный вариант хирургического лечения (Schwab 5 вертебротомия из заднего доступа) неизбежно связан со сравнительно более высоким риском повреждения значимых неврологических структур и может считаться валидным только в тех случаях, когда у бригады хирургов имеется достаточный опыт проведения подобных хирургических вмешательств.

Необходимо особо отметить, что предложенный нами алгоритм выбора оптимальной тактики оперативного лечения пациентов с ригидными посттравматическими деформациями груднопоясничного отдела позвоночника учитывает выявленные нами факторы, влияющие на неудовлетворительные результаты хирургического лечения. Данный алгоритм, по нашему мнению, будет полезным для принятия решения о предполагаемом виде хирургического вмешательства у профильных пациентов, что будет способствовать снижению послеоперационных осложнений, а также улучшению результатов лечения.

Таким образом, в ходе выполнения данного диссертационного исследования, на наш взгляд, были решены все пять поставленных задач и в целом достигнута цель диссертационной работы. Сделанные при этом выводы и практические рекомендации представлены далее.



## ВЫВОДЫ

1. По результатам проведенного ретроспективного клинического исследования было установлено, что частота переломов позвонков Th12 и L1 превышала частоту переломов Th11 и L2 в 2,8 раза (73,6% и 26,4% соответственно), при этом у всех обследованных были установлены типы исходного повреждения А или В (по F. Magerl et al., 1995), а частота переломов типа А была выше в 1,3 раза (57,1% и 42,9% соответственно). Оценка изученных клинических показателей и их корреляции с основными рентгенологическими параметрами до оперативного лечения позволила выявить статистически значимые различия в показателях выраженности болевого синдрома ( $p < 0,001$ ) и значениях индекса нарушений жизнедеятельности ( $p = 0,007$ ) у пациентов изученного профиля в зависимости от низких или высоких показателей тазового индекса (PI) – соответственно менее или более  $51^\circ$ .

2. Вертебротомия 5-го типа по Schwab, выполненная из заднего хирургического доступа, позволяет достичь достоверно большей коррекции кифотического компонента ригидной посттравматической деформации в грудопоясничном отделе позвоночника по сравнению с двухэтапным вмешательством из комбинированного доступа (85,6% и 80,5% соответственно,  $p=0,006$ ). Однако оперативное вмешательство первого указанного типа является достоверно более травматичным по сравнению с двухэтапной операцией из комбинированного доступа, так как характеризуется большей интраоперационной и дренажной кровопотерей ( $p < 0,001$ ), большей продолжительностью стационарного лечения ( $p < 0,001$ ), а также более высокой частотой повреждений твердой мозговой оболочки ( $p=0,005$ ), развития в раннем послеоперационном периоде ликвореи ( $p=0,019$ ) и анемии средней и тяжелой степеней ( $p=0,004$ ).

3. Неудовлетворительные исходы хирургического лечения пациентов изученного профиля в отдаленном послеоперационном периоде обусловлены в 30,8% случаев развитием выраженного болевого синдрома в поясничном отделе, фактором риска развития которого в отдаленном послеоперационном периоде

является остаточная кифотическая деформация более  $5^\circ$  (чувствительность 85%; специфичность 47,1%) на фоне величины тазового индекса менее  $51^\circ$  (чувствительность 73%; специфичность 71,4%). Установлено, что увеличение тазового индекса на  $1^\circ$  уменьшает шанс развития БСОПП на 25% ( $p < 0,001$ ; отн. шансов: 0,803; 95% доверительный интервал 0,710–0,908), а увеличение остаточного кифоза на  $1^\circ$  увеличивает шанс развития БСОПП на 33% ( $p = 0,003$ ; отн. шансов: 1,331; 95% доверительный интервал 1,104–1,605).

4. Применение хирургических методик, направленных на максимально возможную коррекцию локальной кифотической деформации у пациентов изученного профиля с низкими возможностями компенсации нарушений сагиттального баланса позвоночника, позволило снизить частоту развития болевого синдрома в отдаленном послеоперационном периоде практически втрое (до 6,7%) по сравнению с соответствующим показателем (19,2%) в ретроспективной клинической группе пациентов, прооперированных из заднего хирургического доступа.

5. Уточненный в ходе диссертационного исследования объем предоперационного обследования пациентов с ригидными деформациями грудопоясничного отдела позвоночника и предложенный алгоритм рационального выбора тактики их оперативного лечения, учитывающий изученные особенности двух типов операций и факторы риска нежелательных последствий и осложнений оперативного лечения, позволяют обоснованно подойти к планированию этапности хирургических вмешательств и хирургических доступов, что будет способствовать улучшению исходов хирургического лечения сложной категории профильных пациентов.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Выбор оптимального метода хирургического лечения у пациентов с ригидными посттравматическими деформациями грудопоясничного отдела позвоночника рекомендуется соотносить с предложенным алгоритмом, предусматривающим семь возможных вариантов оперативных вмешательств в зависимости от величины локальной кифотической деформации, наличия дорсального костного сращения и локализации уровня повреждения, а также ориентации таза.

2. На этапе предоперационного планирования необходима оценка наличия дорсального и/или вентрального костного сращения в зоне посттравматической деформации позвоночника, а также величины тазового индекса (PI), являющегося объективным показателем компенсаторных возможностей позвоночника каждого конкретного пациента.

3. У пациентов с ригидными посттравматическими деформациями грудопоясничного отдела позвоночника на фоне низких возможностей компенсации нарушений сагиттального профиля позвоночника необходимо выполнение интраоперационного контроля коррекции ригидной деформации с целевыми значениями остаточной величины локального кифоза не более 5°.

4. Вертебротомия 5-го типа по Schwab, выполняемая из заднего доступа на поясничном отделе позвоночника, является высокотравматичным вмешательством, сопряженным с высоким риском развития неврологических осложнений и псевдоартрозов вследствие анатомических ограничений по имплантации межтелового кейджа соответствующего размера, имеет ограниченные показания к применению в клинике и должна выполняться только при наличии достаточного опыта у хирургической бригады и технических возможностей проведения хирургических вмешательств данного типа в соответствующем лечебном учреждении.

**СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ**

БСОПП – болевой синдром отдаленного послеоперационного периода

ВАШ – визуально-аналоговая шкала

КТ – компьютерная томография

МПКТ – минеральная плотность костной ткани

МРТ – магнитно-резонансная томография

ПДС – позвоночно-двигательный сегмент

ПСМТ – позвоночно-спинномозговая травма

ПТД – посттравматическая деформация

РА – ревматоидный артрит

СКВ – системная красная волчанка

ТМО – твердая мозговая оболочка

ТПФ – транспедикулярная фиксация

ЭОП – электронно-оптический преобразователь

ALIF – anterior lumbar interbody fusion (передний межтеловой спондилодез поясничного отдела)

ASA – American Society of Anaesthesiologists (Американская ассоциация анестезиологов)

ASIA – American Spinal Injury Association (Американская ассоциация спинальной травмы)

AUC – Area Under Curve (площадь под кривой ROC)

BDBO – Bone Disc Bone Osteotomy (остеотомия ножки позвонка с захватом вышележащего диска и части тела позвонка)

CSVL – central sacral vertical line (вертикальная линия из центра крестца)

LL – lumbar lordosis (поясничный лордоз)

ODI – Oswestry Disability Index (индекс нарушения жизнедеятельности Освестри)

PI – pelvic incidence (тазовый индекс)

PT – pelvic tilt (наклон таза к вертикали)

PSO – Pedicle Subtraction Osteotomy (остеотомия ножки позвонка)

PT – pelvic tilt (наклон таза)

ROC – Receiver Operating Characteristic (рабочая характеристика приемника)

SPO – Smith-Peterson osteotomy (остеотомия Смита – Петерсона)

SS – sacral slope (наклон крестца к горизонтали)

SVA – sagittal vertical axis (сагиттальная вертикальная ось)

TK – thoracic kyphosis (грудной кифоз)

TLIF – transforaminal lumbar interbody fusion (трансфораминальный межтеловой спондилодез поясничного отдела)

VAS – Visual Analog Score (визуально-аналоговая шкала)

VCR – Vertebral Column Resection (трехколонная резекция позвонка)

VCR p – Vertebral Column Resection posterior (трехколонная резекция позвонка из заднего доступа)

VCR a+p – Vertebral Column Resection anterior + posterior (трехколонная резекция позвонка из комбинированного двухэтапного доступа)

VCR p+a+p – Vertebral Column Resection posterior + anterior + posterior  
(трехколонная резекция позвонка из комбинированного трехэтапного доступа)

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аганесов, А.Г. Хирургическое лечение осложненной травмы позвоночника - прошлое и настоящее / А.Г. Аганесов // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. – 2013. – № 1. – С. 5–12.
2. Андреева, Т.М. Травматизм, ортопедическая заболеваемость, состояние травматолого-ортопедической помощи населению России в 2016 году / Т.М. Андреева, Е.В. Огрызко. – Москва: Телер, 2017. – 131 с.
3. Афаунов, А.А. К вопросу о классификации посттравматических деформаций грудного и поясничного отделов позвоночника / А.А. Афаунов, А.В. Кузьменко, И.В. Басанкин [и др.] // Хирургия позвоночника. – 2018. – № 2. – С. 23–32.
4. Афаунов, А.А. Дифференцированный подход к лечению больных с травматическими стенозами позвоночного канала на нижнегрудном и поясничном уровне / А.А. Афаунов, А.В. Кузьменко, И.В. Басанкин // Инновационная медицина Кубани. – 2016. – № 2. – С. 5-16. – EDN WMJJRP.
5. Афаунов, А.А. Анализ результатов применения транспедикулярной фиксации с цементной имплантацией винтов при лечении повреждений грудного и поясничного отделов позвоночника на фоне остеопороза / А.А. Афаунов, И.В. Басанкин, К.К. Тахмазян // Перспективы развития вертебрологии: инновационные технологии в лечении повреждений и заболеваний позвоночника и спинного мозга : Материалы IV съезда Межрегиональной общественной организации "Ассоциация хирургов-вертебрологов" с международным участием (Электронный ресурс), Новосибирск, 24–25 мая 2013 года. – 2013. – С. 10-16. – EDN UKNGEV.
6. Афаунов, А.А., Ортопедическая классификация посттравматических деформаций грудного и поясничного отделов позвоночника / А.А. Афаунов, А.В. Кузьменко, И.В. Басанкин, М.Ю. Агеев // Кубанский научный медицинский вестник. – 2018. – Т. 25, № 2. – С. 16-24. – DOI 10.25207/1608-6228-2018-25-2-16-24. – EDN YXJICV.

7. Афаунов, А.А. Передний корпородез в этапном хирургическом лечении пациентов с переломами грудных и поясничных позвонков при пониженной минеральной плотности костной ткани / А.А. Афаунов, И. В. Басанкин, К.К. Тахмазян, А.А. Гюльзатян, М.Л. Муханов, Н.С. Чайкин // Вестник травматологии и ортопедии им Н.Н. Приорова. – 2020. – Т. 27. – №3. – С. 5-15. DOI 10.17816/vto20202735-15.

8. Афаунов, А.А. Ревизионные операции в хирургическом лечении повреждений грудного и поясничного отделов позвоночника / А.А. Афаунов И.В.Басанкин, А.В.Мишагин, А.В.Кузьменко, К.К.Тахмазян // Хирургия позвоночника. – 2015. – Т. 12, № 4. – С. 8-16. – DOI 10.14531/ss2015.4.8-16. – EDN VGMHPN.

9. Афаунов, А.А. Ревизионные операции в хирургическом лечении повреждении грудного и поясничного отделов позвоночника // А.А. Афаунов, И.В. Басанкин, А.В. Кузьменко [и др.] // Вестник физиотерапии и курортологии. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 98.

10. Ахмеджанов, Ф.М. Алгоритм лучевого исследования при закрытой травме нижнешейного отдела позвоночника / Ф.М. Ахмеджанов, У.В. Карякина, А.А. Гринь // Нейрохирургия. – 2007. – № 3. – С. 43–49.

11. Баринов, А.Н. Клинико-статистическая характеристика острой позвоночно-спинномозговой травмы / А.Н. Баринов, Е.Н. Кондаков // Хирургия позвоночника. – 2010. – № 4. – С. 15–18.

12. Баринов, А.Н. Организация помощи пострадавшим с позвоночно-спинномозговой травмой в Архангельской области / А.Н. Баринов, Е.Н. Кондаков // Нейрохирургия. – 2011. – № 3. – С. 73–78.

13. Басанкин, И.В. Значимость различных факторов риска в формировании проксимального переходного кифоза и нестабильности металлоконструкции при оперативном лечении взрослых с деформациями позвоночника / И.В. Басанкин, Д.А. Пташников, С.В. Масевнин, А.А. Афаунов, А.А. Гюльзатян, К.К. Тахмазян // Хирургия позвоночника. – 2021. – Т. 18, № 1. – С. 14-23. – DOI 10.14531/ss2021.1.14-23. – EDN HDGORU.

14. Басанкин, И.В. Транспедикулярная декомпрессия при симптоматических импрессионных переломах грудного и поясничного отделов позвоночника типа A1 по AO Spine: исследование серии случаев / И.В. Басанкин, А.А. Гюльзатян, П.Б. Нестеренко, Д.А. Таюрский, М.И. Томина, М.Л. Муханов // Хирургия позвоночника. – 2022. – Т. 19, № 3. – С. 49-56. – DOI 10.14531/ss2022.3.49-56. – EDN PRWDFG.

15. Басанкин, И.В. Опыт хирургического лечения пациентов с травматическими повреждениями позвоночника на фоне анкилозирующего спондилита / И.В. Басанкин, А.А. Гюльзатян, А.А. Афаунов, К.К. Тахмазян, И.Е. Грицаев, С.М. Степаненко, М.И. Томина, В.К. Шаповалов // Хирургия позвоночника. – 2024. – Т. 21, № 2. – С. 6-12. – DOI 10.14531/ss2024.2.6-12. – EDN PИKMVW.

16. Басанкин, И.В. Остеопластика костных дефектов позвонка вследствие расшатывания транспедикулярных винтов с использованием ортобиологических подходов: пилотное исследование серии случаев / И.В. Басанкин, А.А. Гюльзатян И.В. Гилевич, И.Е. Грицаев, Д.А. Таюрский, В.А. Порханов // Хирургия позвоночника. – 2023. – Т. 20, № 3. – С. 86-95. – DOI 10.14531/ss2023.3.86-95. – EDN THMWWO.

17. Басанкин, И.В. Эффективность различных вариантов хирургического лечения и профилактики проксимального переходного кифоза у пациентов с деформациями поясничного отдела позвоночника при сопутствующем остеопорозе / И.В. Басанкин, Д.А. Пташников, С.В. Масевнин, А.А. Афаунов, А.А. Гюльзатян, К.К. Тахмазян // Хирургия позвоночника. – 2022. – Т. 19, № 1. – С. 6-14. – DOI 10.14531/ss2022.1.6-14. – EDN ZJKGJE.

18. Белова, А.Н. Нейрореабилитация: руководство для врачей / А.Н. Белова. – Москва: Антидор, 2000. – 565 с.

19. Бердюгин, К.А. Алгоритм оперативного лечения у больных с переломами грудных и поясничных позвонков / К.А. Бердюгин // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 9-4. – С. 591–595.



20. Борzych, К.О. Механизмы компенсации посттравматических грудопоясничных кифозов / К.О. Борzych, В.В. Рерих // Хирургия позвоночника. – 2023. – Т. 20, № 2. – С. 40–48.

21. Борzych, К.О. Параметры сагиттального баланса у пациентов с посттравматическими деформациями нижнегрудной и верхнепоясничной локализации / К.О. Борzych, В.В. Рерих, А.Г. Самохин // Современные проблемы науки и образования. – 2018. – № 6. – С. 57.

22. Валеев, И.Е. Особенности транспедикулярного спондилодеза при повреждениях грудопоясничных позвонков / И.Е. Валеев, Е.К. Валеев // Практическая медицина. – 2013. – Т. 2, № 1-2 (69). – С. 25–28.

23. Глазков, Р.В. Возможность использования интегральных систем оценки тяжести травмы у пострадавших с повреждением позвоночника на этапе поступления в стационар. // Р.В. Глазков, В.П. Берснев, А.В. Верещако [и др.] // Скорая медицинская помощь. – 2012. – Т. 13, № 2. – С. 80–83.

24. Говенько, Ф.С. Исходы хирургического лечения пациентов с нестабильным поражением позвонков грудной и поясничной локализации / Ф.С. Говенько, Д.Н. Монашенко, Д.С. Лукин // Вестник Российской Военно-медицинской академии. – 2012. – № 1 (37). – С. 150–153.

25. Горбатюк, Д. С. Особенности выполнения резекции позвоночного столба по поводу ригидных кифотических и кифосколиотических деформаций грудопоясничного отдела позвоночника различного генеза: мультицентровое ретроспективное наблюдательное когортное исследование / Д. С. Горбатюк, С. В. Колесов, В. В. Швец [и др.] // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2022. – Т. 29, № 3. – С. 237-248. – DOI 10.17816/vto112134. – EDN COVZUB.

26. Гринь, А.А. Алгоритмы диагностики и лечения пациентов с сочетанной позвоночно-спинномозговой травмой // А.А. Гринь, М.А. Некрасов, А.К. Кайков [и др.] // Хирургия позвоночника. – 2011. – № 4. – С. 18–26.

27. Гринь, А.А. Множественные и многоуровневые повреждения позвоночника (Часть 1). / А.А. Гринь, Н.Н. Николаев, Е.Н. Горохова // Нейрохирургия. – 2008. – № 3. – С. 47–55.
28. Гринь, А.А. Осложнения и их профилактика у больных с позвоночно-спинномозговой травмой (Часть 2) / А.А. Гринь, А.К. Кайков, В.В. Крылов // Нейрохирургия. – 2015. – № 1. – С. 55–66.
29. Гринь, А.А. Хирургическое лечение пациентов с множественной позвоночно-спинномозговой травмой на грудном и поясничном уровнях (обзор литературы) // А.А. Гринь, О.Ю. Богданова, А.К. Кайков [и др.] // Нейрохирургия. – 2018. – Т. 20, № 1. – С. 64–75.
30. Дулаев, А.К. Диагностика и хирургическое лечение неблагоприятных последствий позвоночно-спинномозговой травмы / А.К. Дулаев, В.А. Мануковский, З.Ю. Аликов [и др.] // Хирургия позвоночника. – 2014. – № 1. – С. 71–77.
31. Дулаев, А.К. Позвоночно-спинномозговая травма / А.К. Дулаев, В.А. Мануковский, Д.И. Кутянов. – Санкт-Петербург: Стикс, 2018. – 48 с.
32. Дулаев, А.К. Причины неудовлетворительных анатомо-функциональных результатов лечения больных с переломами грудного и поясничного отделов позвоночника / А.К. Дулаев, И.Ш. Хан, Н.М. Дулаева // Хирургия позвоночника. – 2009. – № 2. – С. 17–24.
33. Дулаев, А.К. Тактика хирургического лечения посттравматической кифотической деформации грудного отдела позвоночника / А.К. Дулаев, К.А. Надулич, С.В. Василевич [и др.] // Хирургия позвоночника. – 2005. – № 2. – С. 20–29.
34. Колесов, С. В. Использование техники VCR при лечении тяжелых деформаций позвоночника / С. В. Колесов // Хирургия позвоночника. – 2013. – № 1. – С. 028-035. – EDN PVSLBX.
35. Колесов, С. В. Сравнение эффективности применения педикулярной субтракционной остеотомии для коррекции сагиттального баланса при первичных и ревизионных операциях / С. В. Колесов, В. В. Швец, А. А. Пантелеев [и др.] //

Технологические инновации в травматологии, ортопедии и нейрохирургии: интеграция науки и практики : Сборник материалов, Саратов, 26–28 апреля 2017 года. – Саратов: ООО «Амирит», 2017. – С. 156-157. – EDN ZAHAXJ.

36. Колесов, С. В. Хирургическое лечение деформаций позвоночника из вентрального доступа / С. В. Колесов, С. А. Кудряков, И. А. Шавырин, И. М. Мельников // Травматология и ортопедия России. – 2008. – № 3(49). – С. 89а-90. – EDN KKOZDN.

37. Колесов, С. В. Хирургия деформаций позвоночника / С. В. Колесов. – Москва: Авторская академия, 2014. – 272 с. – ISBN 978-5-91902-027-1. – EDN ВККЕСК.

38. Кокушин, Д.Н. Хирургическое лечение нестабильных повреждений грудного и поясничного отделов позвоночника. / Д.Н. Кокушин, С.М. Белянчиков, В.В. Мурашко // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 11-3. – С. 442–450.

39. Кривенко, С.Н. Экстренная медицинская помощь на догоспитальном этапе и прогноз исходов при сочетанных повреждениях, компонентом которых является позвоночно-спинномозговая травма / С.Н. Кривенко, Н.Н. Шпаченко, С.В. Попов // Гений ортопедии. – 2015. – № 3. – С. 22–25.

40. Крылов, В.В. Клинические рекомендации по лечению острой осложненной и неосложненной травмы позвоночника у взрослых / В.В. Крылов, А.А. Гринь, А.А. Луцик [и др.]. – Нижний Новгород: Ассоциация нейрохирургов России, 2013. – 67 с.

41. Лобзин, С.В. Острая позвоночно-спинномозговая травма в Санкт-Петербурге: причины, клиническая характеристика, факторы риска / С.В. Лобзин, Л.М. Мирзаева, А.К. Дулаев [и др.] // Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова. – 2019. – Т. 11, № 3. – С. 65–72.

42. Лобзин, С.В. Острое травматическое повреждение спинного мозга в Санкт-Петербурге. Эпидемиологические данные: частота, гендерные и возрастные особенности / С.В. Лобзин, Л.М. Мирзаева, Н.В. Цинзерлинг [и др.] //

Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова. – 2019. – Т. 11, № 2. – С. 27–34.

43. Луцик, А.А. Передние декомпрессивно-стабилизирующие операции при осложненной травме грудного и груднопоясничного отделов позвоночника / А.А. Луцик, Г.Ю. Бондаренко, В.Н. Булгаков // Хирургия позвоночника. – 2012. – № 3. – С. 8–16.

44. Млявых, С.Г. Дифференцированная хирургическая тактика при нестабильных переломах грудного и поясничного отделов позвоночника / С.Г. Млявых, О.А. Перльмуттер // Нижегородский медицинский журнал. – 2006. – № 5. – С. 50–53.

45. Морозов, И.Н. Эпидемиология позвоночно-спинномозговой травмы (обзор) / И.Н. Морозов, С.Г. Млявых // Медицинский альманах. – 2011. – № 4 (17). – С. 157–159.

46. Пантелеев, А.А. Эффективность четырехстержневой фиксации при выполнении педикулярной субтракционной остеотомии позвоночника / А.А. Пантелеев, С.П. Миронов, К.М. Бухтин [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2018. – Т. 24, № 3. – С. 65–73.

47. Перльмуттер, О.А. Травма позвоночника и спинного мозга: неотложная диагностика и лечение / О.А. Перльмуттер, В.Н. Григорьева, Л.Р. Курилина. – Нижний Новгород: НижГМА, 2016. – 96 с.

48. Порханов В.А. Грудная хирургия: Руководство для врачей / Порханов В.А., Богданов С.Б., Поляков И.С. [и др.] // Москва: ООО «КЛУБ ПЕЧАТИ», 2022. – 362 с. – ISBN 978-5-6045973-9-2. – EDN RLNRDE.

49. Прудникова, О.Г. Посттравматические деформации позвоночника: актуальность, проблемы, ревизионная хирургия / О.Г. Прудникова, М.В. Хомченков // Хирургия позвоночника. – 2019. – Т. 16, № 4. – С. 36–44.

50. Рерих, В.В. Атипичные сегментарные корригирующие вертебротомии при лечении грубых посттравматических кифозов грудного отдела позвоночника / В.В. Рерих, К.О. Борзых, Ш.Н. Рахматиллаев // Хирургия позвоночника. – 2014. – № 4. – С. 20–24.

51. Рерих, В.В. Клинические рекомендации. Посттравматические деформации грудного и поясничного отделов / В.В. Рерих, К.О. Борзых, О.В. Шелякина. – Новосибирск: ГКТ ФГБУ "ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна" Минздрава России, 2016. – 48 с.

52. Рерих, В.В. Посттравматические деформации грудного и поясничного отделов позвоночника у пациентов в позднем периоде позвоночно-спинномозговой травмы после ранее проведенных оперативных вмешательств / В.В. Рерих, К.О. Борзых // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 12-4. – С. 657–660.

53. Рерих, В.В. Хирургическая тактика и организация специализированной помощи при неосложненных повреждениях позвоночника: автореф. дис. д-ра мед. наук / Рерих Виктор Викторович; Новосиб. науч.-исслед. ин-т травматологии и ортопедии. – Новосибирск, 2009. – 43 с.

54. Рерих, В.В. Этапное хирургическое лечение посттравматических деформаций грудного и поясничного отделов позвоночника / В.В. Рерих, К.О. Борзых // Хирургия позвоночника. – 2016. – Т.13, № 4. – С. 21–27.

55. Рузиев, Х.Х. Лечение неосложненных компрессионных переломов позвоночника / Х.Х. Рузиев, А.В. Басков, В.А. Басков [и др.] // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. – 2019. – Т. 83, № 2. – С. 66–70.

56. Сороковиков, В.А. Современные подходы к лечению пациентов с позвоночно-спинальной травмой. // В.А. Сороковиков, В.А. Бывальцев, А.А. Калинин [и др.] // Acta Biomedica Scientifica. – 2011. – № 1-2 (77). – С. 272–274.

57. Толкачев, В.С. Эпидемиология травм позвоночника и спинного мозга (обзор) / В.С. Толкачев, С.П. Бажанов, В.Ю. Ульянов [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2018. – Т. 14, № 3. – С. 592–595.

58. Усиков, В.Д. Ближайшие и отдаленные результаты хирургического лечения позвоночно-спинномозговой травмы грудного и поясничного отделов / В.Д. Усиков, К.Е. Воронцов, В.С. Куфтов [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2014. – Т. 20, № 2. – С. 37–44.

59. Усиков, В.Д. Тактика хирургического лечения больных с застарелыми повреждениями позвоночника и спинного мозга / В.Д. Усиков, Е.М. Фадеев, Д.А. Пташников // Травматология и ортопедия России. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 76–78.
60. Шульга, А.Е. К вопросу о причинах развития вторичных посттравматических деформаций грудного и поясничного отделов позвоночника / А.Е. Шульга, В.В. Зарецков, В.В. Островский [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2015. – Т. 1, № 4. – С. 570–575.
61. Шевченко Е.Г., Агурина Н.В., Зяблова Е.И., Басанкин И.В., Ясакова Е.П., Топилина С.В. Возможности мультиспиральной томографии в оценке состояния позвоночника после оперативных вмешательств с использованием метода транспедикулярного остеосинтеза// Инновационная медицина Кубани. – 2018. – № 2(10). – С. 17-23. – EDN MGGBTF.
62. Щедренок, В.В. Нестабильность при застарелых повреждениях позвоночника и спинного мозга / В.В. Щедренок, С.В. Орлов, О.В. Могучая // Травматология и ортопедия России. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 79–81.
63. Яриков, А.В. Осложнения и ошибки оперативного лечения повреждения грудных и поясничных позвонков / А.В. Яриков, О.А. Перльмуттер, А.П. Фраерман [и др.] // Прикладные информационные аспекты медицины. – 2019. – Т. 22, № 4. – С. 21–36.
64. Abel, R. Residual deformity of the spinal canal in patients with traumatic paraplegia and secondary changes of the spinal cord / R. Abel, H.J. Gerner, C. Smit [et al.] // Spinal Cord. – 1999. – Vol. 37, N 1. – P. 14–19.
65. Ahn, U.M. Functional outcome and radiographic correction after spinal osteotomy / U.M. Ahn, N.U. Ahn, J.M. Buchowski [et al.] // Spine (Phila Pa 1976). – 2002. – Vol. 27, N 12. – P. 1303–1311.
66. Alhelal, F. The Effect of Visual Impairment on Postural Stability After Lumbar Spine Fracture: A Case Report and Review of the Literature / F. Alhelal, S. Alissa, M. Abaalkhail [et al.] // Cureus. – 2023. – Vol. 15, N. 12. – P. e49995. doi: 10.7759/cureus.49995.

67. Alsayed, M.A. Surgical management of posttraumatic thoracolumbar Kyphosis: A review / M.A. Alsayed, M.A. Elaal // *J. Family Med. Prim. Care.* – 2024. – Vol. 13, N 3. – P. 814–818.
68. Aly, M.M. Regarding "Incidence and Associated Factors for Kyphosis Progression in Short-Segment Fixation Thoracolumbar Spine Fractures" by Kongtush Choovongkomol et al / M.M. Aly // *Int. J. Spine Surg.* – 2023. – Vol. 17, N 4. – P. 623–624.
69. Avila, J.M. Surgical correction of post-traumatic kyphosis with osteotomies in the spine / J.M. Avila, O.S. Garcia, P.A. Vergara [et al.] // *Coluna/Columna.* – 2019. – Vol. 18, N 1. – P. 60–63.
70. Azad, T.D. Spinal cord untethering and midline myelotomy for delayed, symptomatic post-traumatic syringomyelia due to retained ballistic fragments: case report / T.D. Azad, J. Materi, B.Y. Hwang [et al.] // *Spinal Cord Ser. Cases.* – 2022. – Vol. 8, N. 1. – P. 66. doi: 10.1038/s41394-022-00533-7.
71. Barrey, C. Compensatory mechanisms contributing to keep the sagittal balance of the spine / C. Barrey, P. Roussouly, J.C. Le Huec [et al.] // *Eur. Spine J.* – 2013. – Vol. 22, Suppl. 6. – P. 834–841.
72. Bernhardt, M. Segmental analysis of the sagittal plane alignment of the normal thoracic and lumbar spines and thoracolumbar junction / M. Bernhardt, K.H. Bridwell // *Spine (Phila Pa 1976).* – 1989. – Vol. 14, N 7. – P. 717–721.
73. Bohlman, H.H. Anterior decompression for late pain and paralysis after fractures of the thoracolumbar spine / H.H. Bohlman, J.S. Kirkpatrick, R.B. Delamarter [et al.] // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 1994. – N 300. – P. 24–29.
74. Bonfield, C.M. Surgical management of post-traumatic syringomyelia / C.M. Bonfield, A.D. Levi, P.M. Arnold [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976).* – 2010. – Vol. 35, Suppl. 2. – P. 245–258.
75. Booth, K.C. Complications and predictive factors for the successful treatment of flatback deformity (fixed sagittal imbalance) / K.C. Booth, K.H. Bridwell, L.G. Lenke [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976).* – 1999. – Vol. 24, N 16. – P. 1712–1720.

76. Bradford, D.S. Surgical management of thoracolumbar spine fractures with incomplete neurologic deficits / D.S. Bradford, G.G. McBride // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 1987. – N 218. – P. 201–216.
77. Bridwell, K.H. *Bridwell and DeWald's Textbook of Spinal Surgery* / K.H. Bridwell, M. Gupta. – 4<sup>th</sup> ed. – Wolters Kluwer, 2019. – 2140 p.
78. Bridwell, K.H. Complications and outcomes of pedicle subtraction osteotomies for fixed sagittal imbalance / K.H. Bridwell, S.J. Lewis, C. Edwards [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2003. – Vol. 28, N 18. – P. 2093–2101.
79. Bridwell, K.H. Pedicle subtraction osteotomy for the treatment of fixed sagittal imbalance / K.H. Bridwell, S.J. Lewis, L.G. Lenke [et al.] // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 2003. Vol. 85, N 3. – P. 454–463.
80. Brodbelt, A.R. Post-traumatic syringomyelia: A review / A.R. Brodbelt, M.A. Stoodley // *J. Clin. Neurosci.* – 2003. – Vol. 10, N 4. – P. 401–408.
81. Buchowski, J.M. Surgical management of posttraumatic thoracolumbar kyphosis / J.M. Buchowski, C.A. Kuhns, K.H. Bridwell [et al.] // *Spine J.* – 2008. – Vol. 8, N 4. – P.666–677.
82. Camacho, J.E. Open vs Percutaneous Pedicle Instrumentation for Kyphosis Correction in Traumatic Thoracic and Thoracolumbar Spine Injuries / J.E. Camacho, R.D. Gentry, I.B. Ye // *Int. J. Spine Surg.* – 2022. – Vol. 16, N 6. – P. 1009–1015.
83. Cankaya, D. Clinical and radiological outcomes of conservative treatment after stable post-traumatic thoracolumbar fractures in elderly: Is it really best option for all elderly patients? / D. Cankaya, S. Yilmaz, A. Deveci [et al.] // *Ann. Med. Surg. (Lond)*. – 2015. – Vol. 4, N 4. – P. 346–350.
84. Cecchinato, R. Spinal osteotomies to treat post-traumatic thoracolumbar deformity / R. Cecchinato, P. Berjano, M. Damilano [et al.] // *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.* – 2014. – Vol. 24, Suppl. 1. – P. 31–37.
85. Charles, Y.P. Combined percutaneous and open instrumentation for thoracolumbar kyphosis correction by two-level pedicle subtraction osteotomy in ankylosing spondylitis / Y.P. Charles, Y. Ntilikina, A. Collinet [et al.] // *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.* – 2020. – Vol. 30, N 5. – P. 939–947.



86. Chen, F. Correction of posttraumatic thoracolumbar kyphosis with modified pedicle subtraction osteotomy / F. Chen, Y. Kang, B. Zhou [et al.] // *Zhong Nan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban.* – 2016. – Vol. 41, N 11. – P. 1208–1214. (In Chinese).

87. Chen, Z.W. Anterior versus posterior approach in the treatment of chronic thoracolumbar fractures / Z.W. Chen, Z.Q. Ding, W.L. Zhai [et al.] // *Orthopedics.* – 2012. – Vol. 35, N 2. – P. e219–e224. doi: 10.3928/01477447-20120123-05.

88. Choi, H.Y. Partial Pedicle Subtraction Osteotomy for Patients with Thoracolumbar Fractures: Comparative Study between Burst Fracture and Posttraumatic Kyphosis / H.Y. Choi, D.J. Jo // *J. Korean Neurosurg. Soc.* – 2022. – Vol. 65, N 1. – P. 64–73.

89. Choovongkomol, K. Incidence and Associated Factors for Kyphosis Progression in Short-Segment Fixation Thoracolumbar Spine Fractures. / K. Choovongkomol, U. Piyapromdee, T. Tanaviriyachai [et al.] // *Int. J. Spine Surg.* – 2022. – Vol. 16, N 5. – P. 815–820.

90. Cook, E. Surgery versus conservative management of stable thoracolumbar fracture: the PRESTO feasibility RCT / E. Cook, A. Scantlebury, A. Booth [et al.] // *Health Technol. Assess.* – 2021. – Vol. 25, N 62. – P. 1–126.

91. Crim, J. Thoracic and lumbar spine trauma classification systems fail to predict post-traumatic kyphotic deformity / J. Crim, N. Atkins, A. Zhang [et al.] // *N. Am. Spine Soc. J.* – 2022. – Vol. 11. – P. 100134. doi: 10.1016/j.xnsj.2022.100134.

92. Curfs, I. Radiological Prediction of Posttraumatic Kyphosis After Thoracolumbar Fracture / I. Curfs, B. Grimm, M. van der Linde [et al.] // *Open Orthop. J.* – 2016. – Vol. 10. – P. 135–142.

93. De Gendt, E.E.A. Spinal Post-traumatic Deformity: An International Expert Survey Among AO Spine Knowledge Forum Members / E.E.A. De Gendt, G.D. Schroeder, A. Joaquim [et al.] // *Clin. Spine Surg.* – 2023. – Vol. 36, N 2. – P. e94–e100. doi: 10.1097/BSD.0000000000001376.

94. De Gendt, E.E.A. Term and definition of a deformity after a spine trauma: Results of an international Delphi study / E.E.A. De Gendt, S.P.J. Muijs, L.M. Benneker [et al.] // *Brain Spine*. – 2024. – Vol. 4. – P. 102749. doi: 10.1016/j.bas.2024.102749.
95. De Gendt, E.E.A. The Current Status of Spinal Posttraumatic Deformity: A Systematic Review / E.E.A. De Gendt, T.F.G. Vercoulen, A.F. Joaquim [et al.] // *Global Spine J*. – 2021. – Vol. 11, N 8. – P. 1266–1280.
96. De Gendt, E.E.A. The Diagnostic Process of Spinal Post-traumatic Deformity: An Expert Survey of 7 Cases, Consensus on Clinical Relevance Does Exist / E.E.A. De Gendt, L.M. Benneker, A.F. Joaquim // *Clin. Spine Surg*. – 2023. – Vol. 36, N 8. – P. e383–e389. doi: 10.1097/BSD.0000000000001478.
97. Debarge, R. Sagittal balance analysis after pedicle subtraction osteotomy in ankylosing spondylitis / R. Debarge, G. Demey, P. Roussouly // *Eur. Spine J*. – Vol. 20, Suppl. 5. – P.619–625.
98. Denis, F. The three-column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries / F. Denis // *Spine*. – 1983. – Vol. 8. – P. 817–831.
99. El-Sharkawi, M.M. Comparison between pedicle subtraction osteotomy and anterior corpectomy and plating for correcting post-traumatic kyphosis: a multicenter study / M.M. El-Sharkawi, W.M.T. Koptan, Y.H. El-Miligui [et al.] // *Eur. Spine J*. – 2011. – Vol. 20, N 9. – P. 1434–1440.
100. Fakurnejad, S. Biomechanics of thoracolumbar burst fractures: methods of induction and treatments / S. Fakurnejad, J.K. Scheer, A.G. Patwardhan [et al.] // *J. Clin. Neurosci*. – 2014. – Vol. 21, N 12. – P. 2059–2064.
101. Faldini, C. Multilevel non-contiguous thoracic pedicle subtraction osteotomy for fixed rounded hyperkyphotic deformity of the thoraco-lumbar junction with anterior bony fusion: technical note / C. Faldini, F. Barile, G. Viroli [et al.] // *J. Orthop. Traumatol*. – 2022. – Vol. 23, N 1. – P. 47. doi: 10.1186/s10195-022-00665-4.
102. Farcy, J.P. Sagittal index in management of thoracolumbar burst fractures / J.P. Farcy, M. Weidenbaum, S.D. Glassman // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 1990. – Vol. 15, N 9. – P. 958–965.

103. Filgueira, É.G. Thoracolumbar Burst Fracture: McCormack Load-sharing Classification: Systematic Review and Single-arm Meta-analysis / É.G. Filgueira, A.M. Imoto, H.E.C. da Silva [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2021. – Vol. 46, N 9. – P. e542–e550. doi: 10.1097/BRS.0000000000003826.
104. Formica, M. Which patients risk segmental kyphosis after short segment thoracolumbar fracture fixation with intermediate screws? / M. Formica, L. Cavagnaro, M. Basso [et al.] // *Injury*. – 2016. – Vol. 47, Suppl. 4. – P. 29–34.
105. Fusini, F. Back to the future in traumatic fracture shapes of lumbar spine: An analysis of risk of kyphosis after conservative treatment / F. Fusini, G. Colò, S. Risitano [et al.] // *J. Craniovertebr. Junction Spine*. – 2021. – Vol. 12, N 1. – P. 38–43.
106. Gao, R. Modified partial pedicle subtraction osteotomy for the correction of post-traumatic thoracolumbar kyphosis / R. Gao, J. Wu, W. Yuan [et al.] // *Spine J*. – 2015. – Vol. 15, N 9. – P. 2009–2015.
107. Gelb, D.E. An analysis of sagittal spinal alignment in 100 asymptomatic middle and older aged volunteers / D.E. Gelb, L.G. Lenke, K.H. Bridwell [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 1995. – Vol. 20, N 12. – P. 1351–1358.
108. Gertzbein, S.D. Wedge osteotomy for the correction of post-traumatic kyphosis. A new technique and a report of three cases / S.D. Gertzbein, M.B. Harris // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 1992. – Vol. 17, N 3. – P. 374–379.
109. Ghobrial, G.M. Operative and nonoperative adverse events in the management of traumatic fractures of the thoracolumbar spine: a systematic review / G.M. Ghobrial, C.M. Maulucci, M. Maltenfort [et al.] // *Neurosurg Focus*. – 2014. – Vol. 37, N 1. – P. e8. doi: 10.3171/2014.4.
110. Ghobrial, G.M. Thoracolumbar spine trauma: review of the evidence / G.M. Ghobrial, J. Jallo // *J. Neurosurg. Sci*. – 2013. – Vol. 57, N 2. – P. 115–122.
111. Giotta Lucifero, A. Surgical management of thoracolumbar junction fractures: An evidence-based algorithm / A. Giotta Lucifero, N. Bruno, S. Luzzi [et al.] // *World Neurosurg*. X. – 2023. – Vol. 17. – P. 100151. doi: 10.1016/j.wnsx.2022.100151.

112. Gupta, A. Clinical and radiological outcomes of modified posterior closing wedge osteotomy for the treatment of posttraumatic thoracolumbar kyphosis / A. Gupta, Y.S. Kim, S.M. Kim [et al.] // *J. Neurosurg. Spine.* – 2015. – Vol. 23, N 4. – P. 510–517.
113. Gupta, A. Severe Form of Bacterial Meningitis After Spine Surgery: A Case Report and Review of the Literature / A. Gupta, K. Bansal, H.S. Chhabra [et al.] // *Cureus.* – 2021. – Vol. 13, N 3. – P. e13877. doi: 10.7759/cureus.13877.
114. Harma, M. Thoracic spine compression fractures in Finland / M. Harma, M. Heliovaara, A. Aromaa [et al.] // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 1986. – N 205. – P. 188–194
115. Heary, R.F. Pedicle subtraction osteotomy in the treatment of chronic, posttraumatic kyphotic deformity / R.F. Heary, C.M. Bono // *J. Neurosurg. Spine.* – 2006. – Vol. 5, N 1. – P. 1–8.
116. Hu, R. Epidemiology of incident spinal fracture in a complete population / R. Hu, C.A. Mustard, C. Burns // *Spine (Phila Pa 1976).* – 1996. – Vol. 21, N 4. – P. 492–499.
117. Hu, W. Pedicle subtraction osteotomy and disc resection with cage placement in post-traumatic thoracolumbar kyphosis, a retrospective study / W. Hu, B. Wang, H. Run [et al.] // *J. Orthop. Surg. Res.* – 2016. – N 11. – P. 112. doi: 10.1186/s13018-016-0447-1.
118. Hwang, C.J. Minimum five-year follow-up of posterior-only pedicle screw constructs for thoracic and thoracolumbar kyphosis / C.J. Hwang, L.G. Lenke, M.P. Kelly [et al.] // *Eur. Spine J.* – 2019. – Vol. 28, N 11. – P. 2609–2618.
119. Jansson, K.A. Thoracolumbar vertebral fractures in Sweden: an analysis of 13,496 patients admitted to hospital // K.A. Jansson, P. Blomqvist, P. Svedmark [et al.] // *Eur. J. Epidemiol.* – 2010. – Vol. 25, N 6. – P. 431–437.
120. Jeon, C.H. Prospective investigation of Oswestry Disability Index and short form 36 subscale scores related to sagittal and coronal parameters in patients with degenerative lumbar scoliosis / C.H. Jeon, N.S. Chung, H.W. Chung [et al.] // *European Spine Journal.* – 2021. – Vol. 30, N 5. – P. 1164–1172.

121. Jo, D.J. Clinical and radiological outcomes of modified posterior closing wedge osteotomy for the treatment of posttraumatic thoracolumbar kyphosis / D.J. Jo, Y.S. Kim, S.M. Kim [et al.] // *J. Neurosurg. Spine.* – 2015. – Vol. 23, N 4. – P. 510–517.
122. Joaquim, A.F. Thoracolumbar Injury Classification and Injury Severity Score System: a literature Review of its safety / A.F. Joaquim, D.C. de Almeida Bastos, H.H. Jorge Torres [et al.] // *Global Spine J.* – 2016. – Vol. 6, N 1. – P. 80–85.
123. Johnson, L. A novel method to quantify perivascular space enlargement near the syrinx in a rodent model of post-traumatic syringomyelia / L. Johnson, F. Bartlett-Tomasetig, S. Fok [et al.] // *Sci. Rep.* – 2023. – Vol. 13, N 1. – P. 15043. doi: 10.1038/s41598-023-42275-y.
124. José, L.M. Spinal Cord Alignment in Patients with Thoracolumbar Burst Fracture / L.M. José, P. Coury, R. Meves // *Rev. Bras. Ortop. (Sao Paulo).* – 2023. – Vol. 58, N 1. – P. 58–66.
125. Kang, D. Clinical Efficacy and Safety of Controlled Distraction-Compression Technique Using Expandable Titanium Cage in Correction of Posttraumatic Kyphosis / D. Kang, S.J. Lewis, D.H. Kim // *J. Korean Neurosurg. Soc.* – 2022. – Vol. 65, N 1. – P. 84–95.
126. Kang, H. Treatment of kyphotic deformity in Kümmell's disease through vertebral body screw fixation and intertransverse process grafting: A case report / H. Kang, T. Wei, W. Zeng [et al.] // *Medicine (Baltimore).* 2024. – Vol. 103, N 4. – P. e37058. doi: 10.1097/MD.00000000000037058.
127. Karam, Y. Post-traumatic syringomyelia: outcome predictors / Y. Karam, P.W. Hitchon, N.E. Mhanna [et al.] // *Clin. Neurol. Neurosurg.* – 2014. Vol. 124. – P. 44–50.
128. Katsuura, Y. The epidemiology of thoracolumbar trauma: A meta-analysis / Y. Katsuura, J.M. Osborn, G.W. Cason // *J. Orthop.* – 2016. – Vol. 13, N 4. – P.383–388.

129. Khoueir, P. Delayed posttraumatic thoracolumbar spinal deformities: Diagnosis and management / P. Khoueir, B.C. Oh, M.Y. Wang // *Neurosurgery*. – 2008. – Vol. 63, Suppl. 3. – P. 117–124.
130. Klekamp, J. Treatment of posttraumatic syringomyelia / J. Klekamp // *J. Neurosurg. Spine*. – 2012. – Vol. 17, N 3. – P. 199–211.
131. Kobbe, P. Combined dorsoventral corrective spondylodesis in prone position: Treatment of posttraumatic kyphosis of the thoracolumbar junction / P. Kobbe, M. Scholz, P.D. Trobisch [et al.] // *Unfallchirurg*. – 2020. – Vol. 123, N 2. – P. 155–161. (In German).
132. Kose, K.C. Spinal osteotomies: indications, limits and pitfalls / K.C. Kose, O. Bozduman, A.E. Yenigul [et al.] // *EFORT Open Rev*. – 2017. – Vol. 2, N 3. – P. 73–82.
133. Kostuik, J.P. Anterior stabilization, instrumentation, and decompression for post-traumatic kyphosis / J.P. Kostuik, H. Matsusaki // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 1989. – Vol. 14, N 4. – P. 379–386.
134. Lainé, G. Risk factors for kyphosis recurrence after implant removal in percutaneous osteosynthesis for post-traumatic thoracolumbar fracture / G. Lainé, I. Mezjan, D. Masson [et al.] // *Eur. Spine J*. – 2024. – Vol. 33, N 4. – P. 1597–1606.
135. Laouissat, F. Classification of normal sagittal spine alignment: refounding the Roussouly classification / F. Laouissat, A. Sebaaly, M. Gehrchen [et al.] // *Eur. Spine J*. – 2018. – Vol. 27, N 8. – P. 2002–2011.
136. Lattig, F. Correction of kyphotic fixed lumbar segments and hypolordosis with the transforaminal lumbar interbody fusion technique / F. Lattig, E. Stettin, S. Weckbach // *Oper. Orthop. Traumatol*. – 2018. – Vol. 30, N 3. – P. 210–222. (In German).
137. Lee, T.T. Outcome after surgical treatment of progressive posttraumatic cystic myelopathy / T.T. Lee, G.J. Alameda, E.B. Gromelski [et al.] // *J. Neurosurg*. – 2000. – Vol. 92, Suppl. 2. – P.149–154.

138. Lehmer, S.M. Posterior transvertebral osteotomy for adult thoracolumbar kyphosis / S.M. Lehmer, L. Keppler, R.S. Biscup [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 1994. – Vol. 19, N 18. – P. 2060–2067.
139. Li, J. Surgical correction of post-traumatic thoracolumbar kyphotic deformity with posterior transpedicular limited osteotomy technique / J. Li, S. Chen, W. Wang [et al.] // *Zhong Nan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban*. – 2014. – Vol. 39, N 6. – P. 632–637. (In Chinese).
140. Li, S. Clinical outcome and surgical strategies for late post-traumatic kyphosis after failed thoracolumbar fracture operation: Case report and literature review / S. Li, Z. Li, W. Hua [et al.] // *Medicine (Baltimore)*. – 2017. – Vol. 96, N 49. – P. e8770. doi: 10.1097/MD.00000000000008770.
141. Li, Y.D. Radiographic assessment of surgical treatment of post-traumatic syringomyelia / Y.D. Li, C. Therasse, K. Kesavabhotla [et al.] // *J. Spinal Cord. Med.* – 2021. – Vol. 44, N 6. – P. 861–869.
142. Liu, F.Y. Modified grade 4 osteotomy for the correction of post-traumatic thoracolumbar kyphosis: A retrospective study of 42 patients / F.Y. Liu, Z.F. Gu, Z.Q. Zhao [et al.] // *Medicine (Baltimore)*. – 2020. – Vol. 99, N 37. – P. e22204. doi: 10.1097/MD.00000000000022204.
143. Liu, W. Modified mini-open SRS-Schwab grade 4 osteotomy combined with percutaneous pedicle screws fixation in post-traumatic thoracolumbar kyphosis / W. Liu, Y. Zhao, S. Yuan [et al.] // *BMC Musculoskelet. Disord.* – 2020. – Vol. 21, N 1. – P. 638. doi: 10.1186/s12891-020-03666-8.
144. Ma, Z. Effectiveness of trans-intervertebral space osteotomy combined with cage implantation for old thoracolumbar compression fracture with kyphosis / Z. Ma, K. Chen, T. Chen [et al.] // *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. – 2023. – Vol. 37, N 1. – P. 59–64. (In Chinese).
145. Magerl, F. A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries / F. Magerl, M. Aebi, S.D. Gertzbein [et al.] // *Eur. Spine J.* – 1994. – Vol. 3, N 4. – P. 184–201.

146. Malcolm, B.W. Post-traumatic kyphosis. A review of forty-eight surgically treated patients / B.W. Malcolm, D.S. Bradford, R.B. Winter [et al.] // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 1981. – Vol. 63, N 6. – P. 891–899.

147. Marie-Hardy, L. Defining threshold for sagittal correction in lumbar fractures / L. Marie-Hardy, Y. Mohsinaly, R. Pietton [et al.] // *Eur. Spine J.* – 2024. – Vol. 33, N 4. – P. 1550–1555.

148. Matsumoto, K. Compensatory mechanism of the spine after corrective surgery without lumbar-sacral fixation for traumatic thoracolumbar kyphotic spine deformity / K. Matsumoto, M. Hoshino, K. Omori [et al.] // *J. Orthop. Sci.* – 2018. – Vol. 23, N 2. – P. 253–257.

149. Mazel, C. Malunion of post-traumatic thoracolumbar fractures / C. Mazel, L. Ajavon // *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* – 2018. – Vol. 104, Suppl. 1. – P. 55–62.

150. Medical Research Council. Aids to the examination of the peripheral nervous system / Medical Research Council. – Memorandum No. 45. – London: Her Majesty's Stationery Office, 1976. – 65 p.

151. Mejia-Munne, J.C. Super-Pedicle Osteotomy for Correction of Focal Thoracolumbar Kyphosis / J.C. Mejia-Munne, M.W. Robinson, M.E. Magner [et al.] // *World Neurosurg.* – 2021. – Vol. 145. – P. e108–e115. doi: 10.1016/j.wneu.2020.09.146.

152. Mirzaeva, L. Incidence of adult traumatic spinal cord injury in Saint Petersburg, Russia // L. Mirzaeva, N.E. Gilhus, S. Lobzin [et al.] // *Spinal Cord.* – 2019. – Vol. 57, N 8. – P. 692–699.

153. Miyao, Y. Early Development of Syringomyelia after Spinal Cord Injury: Case Report and Review of the Literature / Y. Miyao, M. Sasaki, S. Taketsuna [et al.] // *NMC Case Rep J.* – 2020. – Vol. 7, N 4. – P.217–221.

154. Morrison, R. Correction of a mobile posttraumatic kyphosis in the thoracolumbar spine with a combined posterior-anterior approach / R. Morrison, K.J. Schnake // *Eur Spine J.* – 2015. – Vol. 24, Suppl. 8. – P. 955–956.



155. Munting, E. Surgical treatment of post-traumatic kyphosis in the thoracolumbar spine: indications and technical aspects / E. Munting // *Eur. Spine J.* – 2010. – Vol. 19, Suppl. 1. – P. 69–73.
156. Noor, A. Surgical correction of post-traumatic kyphosis: a thoracoscopic approach / A. Noor, F.W. Bloemers, F.C. Bakker // *Ned. Tijdschr. Geneeskd.* – 2013. – Vol. 157, N 10. – P. A5427. (In Dutch).
157. Olivares, O.B. Preoperative and Postoperative Sagittal Alignment and Compensatory Mechanisms in Patients With Posttraumatic Thoracolumbar Deformities Who Undergo Corrective Surgeries / O.B. Olivares, M.V. Carrasco, G.I. Pinto [et al.] // *Int. J. Spine Surg.* – 2021. – Vol. 15, N 3. – P. 585–590.
158. Pan, T. Comparison of Sagittal Spinopelvic Alignment in Patients With Ankylosing Spondylitis and Thoracolumbar Fracture / T. Pan, B.P. Qian, Y. Qiu // *Medicine (Baltimore)*. – 2016. – Vol. 95, N 4. – P. e2585. doi: 10.1097/MD.0000000000002585.
159. Patel, S.A. Complications of Thoracolumbar Adult Spinal Deformity Surgery / S.A. Patel, C.L. McDonald, D.B.C. Reid [et al.] // *JBJS Rev.* – 2020. – Vol. 8, N 5. – P. e0214. doi: 10.2106/JBJS.RVW.19.00214.
160. Pishnamaz, M. Posttraumatic deformity of the thoracolumbar spine / M. Pishnamaz, M. Scholz, P.D. Trobisch [et al.] // *Unfallchirurg.* – 2020. – Vol. 123, N 2. – P. 143–154. (In German).
161. Polly, D.W.J. Management options for the treatment of posttraumatic thoracic kyphosis / D.W.J. Polly, W.R. Klemme, S. Shawen // *Semin. Spine Surg.* – 2000. – Vol. 12, N 3. – P. 110–116.
162. Prajapati, H.P. Thoracolumbar fracture classification: evolution, merits, demerits, updates, and concept of stability / H.P. Prajapati, R. Kumar // *Br. J. Neurosurg.* – 2021. – Vol. 35, N 1. – P. 92–97.
163. Pu, X. Junctional Kyphosis after Correction with Long Instrumentation for Late Posttraumatic Thoracolumbar Kyphosis: Characteristics and Risk Factors / X. Pu, Q. Zhou, L. Xu [et al.] // *Orthop. Surg.* – 2023. – Vol. 15, N 3. – P. 713–723.

164. Rahman, M.M. Management of Post Traumatic Kyphotic Deformity in Thoracolumbar Spine: Conservative versus Operative Treatment / M.M. Rahman, N.A. Islam, M.S. Islam [et al.] // *Mymensingh Med. J.* – 2018. – Vol. 27, N 4. – P. 715–722.
165. Rajasekaran, S. A classification for kyphosis based on column deficiency, curve magnitude, and osteotomy requirement / S. Rajasekaran, S.R. Rajoli, S.N. Aiyer // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 2018. – Vol. 100, N 13. – P. 1147–1156.
166. Repo, J.P. Assessment of Construct Validity of the Oswestry Disability Index and the Scoliosis Research Society–30 Questionnaire (SRS-30) in Patients With Degenerative Spinal Disease / J.P. Repo, V.T. Ponkilainen, A.H. Häkkinen [et al.] // *Spine Deformity.* – 2019. – Vol. 7, N 6. – P. 929–936.
167. Roberson, J.R. Surgical reconstruction of late post-traumatic thoracolumbar kyphosis / J.R. Roberson, T.E. Jr. Whitesides // *Spine (Phila Pa 1976).* – 1985. – Vol. 10, N 4. – P. 307–312.
168. Roussouly, P. Biomechanical analysis of the spino-pelvic organization and adaptation in pathology / P. Roussouly, J.L. Pinheiro-Franco // *Eur. Spine J.* – Vol. 20, Suppl. 5. – P. 609–618.
169. 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 [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976).* – Vol. 30, N 3. – P. 346–353.
170. Roussouly, P. Sagittal parameters of the spine: biomechanical approach / P. Roussouly, J.L. Pinheiro-Franco // *Eur. Spine J.* – Vol. 20, Suppl. 5. – P. 578–585.
171. Schmidt, S. Deformities following spinal injury at the thoracolumbar junction / S. Schmidt, K.D. Thomann, M. Rauschmann // *Orthopade.* – 2010. – Vol. 39, N 3. – P. 256–263. (In German).
172. Sebaaly, A. Description of the sagittal alignment of the degenerative human spine / A. Sebaaly, P. Grobost, L. Mallam [et al.] // *Eur. Spine J.* – 2018. – Vol. 27, N 2. – P. 489–496.

173. Sharif, S. Surgical Techniques for Thoracolumbar Spine Fractures: WFNS Spine Committee Recommendations / S. Sharif, Y. Shaikh, O. Yaman [et al.] // *Neurospine*. – 2021. – Vol. 18, N 4. – P. 667–680.
174. Shigematsu, H. Floating spine after pedicle subtraction osteotomy for post-traumatic kyphosis / H. Shigematsu, M. Koizumi, J. Iida [et al.] // *Eur. Spine J.* – 2014. – Vol. 23, Suppl. 2. – P. 278–284.
175. Soultanis, K. Outcome of thoracolumbar compression fractures following non-operative treatment / K. Soultanis, A. Thanos, P.N. Soucacos // *Injury*. – 2021. – Vol. 52, N 12. – P. 3685–3690.
176. Suk, S.I. Posterior vertebral column resection for severe rigid scoliosis / S.I. Suk, E.R. Chung, J.H. Kim [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2005. – Vol. 30, N 14. – P. 1682–1687.
177. Suk, S.I. Posterior vertebral column resection in fixed lumbosacral deformity / S.I. Suk, E.R. Chung, S.M. Lee [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2005. – Vol. 30, N 23. – P. e703–e710. doi: 10.1097/01.brs.0000188190.90034.be.
178. Sun, T.S. Anatomic and clinical study of spinal osteotomies for traumatic fixed kyphotic deformity of thoracolumbar spine / T.S. Sun, F. Li, Z. Liu [et al.] // *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*. – 2007. – Vol. 45, N 8. – P. 533–536. (In Chinese).
179. Thomas, K.C. Comparison of operative and non-operative treatment for thoracolumbar burst fractures in patients without neurological deficit: a systematic review/ K.C. Thomas, C.S. Bailey, M.F. Dvorak [et al.] // *J. Neurosurg. Spine*. – 2006. – Vol. 4, N 5. – P. 351–358.
180. Ullrich, B.W. Local spinal profile following operative treatment of thoracolumbar and lumbar fractures: Impact of reduction technique and bone quality / B.W. Ullrich, M. Ottich, A. Lawson McLean [et al.] // *Unfallchirurg*. – 2022. – Vol. 125, N 4. – P. 295–304. (In German).
181. Vaccaro, A.R. Post-traumatic spinal deformity / A.R. Vaccaro, J.S. Silber // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2001. – Vol. 26, Suppl. 24. – P. 111–118.

182. Vaccaro, A.R. Reliability of a novel classification system for thoracolumbar injuries: the Thoracolumbar Injury Severity Score / A.R. Vaccaro, E.M. Baron, J. Sanfilippo [et al.] // *Spine*. – 2006. – Vol. 31, Suppl. 11. – P. 62–69.
183. Vercoulen, T.F.G. Surgical treatment of traumatic fractures of the thoracic and lumbar spine: A systematic review / T.F.G. Vercoulen, M.J.S. Niemeyer, F. Peuker [et al.] // *Brain Spine*. – 2024. – Vol. 4. – P. 102745. doi: 10.1016/j.bas.2024.102745.
184. Verlaan, J.J. Surgical treatment of traumatic fractures of the thoracic and lumbar spine: a systematic review of the literature on techniques, complications, and outcome / J.J. Verlaan, C.H. Diekerhof, E. Buskens [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2004. – Vol. 29, N 7. – P. 803–814.
185. Waddell, W.H. Thoracolumbar Spine Trauma / W.H. Waddell, R. Gupta, B.F. 2nd Stephens // *Orthop. Clin. North Am.* – 2021. – Vol. 52, N 4. – P. 481–489.
186. Wakao, N. The surgical treatment method for an adult posttraumatic thoracolumbar kyphosis patient with osteogenesis imperfecta / N. Wakao, M. Takeuchi, M. Kamiya [et al.] // *Nagoya J. Med. Sci.* – 2014. – Vol. 76, N 3-4. – P. 341–348.
187. Wang, Q. Management of rigid post-traumatic thoracolumbar kyphosis by simultaneous posterior-anterior circumferential releasing and correction with preserved posterior vertebral wall / Q. Wang, G. Wang, D. Zhong [et al.] // *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. – 2012. – Vol. 26, N 3. – P. 261–265. (In Chinese).
188. Wang, Q. Treatment of rigid post-traumatic thoracolumbar kyphosis by a novel technique of spinal joints release / Q. Wang, C. Tang, G. Wang [et al.] // *J. Orthop. Surg. Res.* – 2023. – Vol. 18, N 1. – P. 124. doi: 10.1186/s13018-023-03599-7.
189. Wood, K.B. Management of thoracolumbar spine fractures / K.B. Wood, W. Li, D.R. Lebl [et al.] // *Spine J.* – 2014. – Vol. 14, N 1. – P. 145–164.
190. Xi, Y.M. Correction of post-traumatic thoracolumbar kyphosis using pedicle subtraction osteotomy / Y.M. Xi, M. Pan, Z.J. Wang [et al.] // *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.* – 2013. – Vol. 23, Suppl. 1. – P. 59–66.
191. Xu, T. Fractured vertebra antedisplacement reconstruction technique: a feasible treatment choice for posttraumatic thoracolumbar kyphosis / T. Xu, S. Wang, H. Fang [et al.] // *J. Neurosurg. Spine*. – 2024. – Vol. 41, N 2. – P. 254–262.

192. Yaman, O. Kyphosis After Thoracolumbar Spine Fractures: WFNS Spine Committee Recommendations / O. Yaman, M. Zileli, S. Şentürk [et al.] // *Neurospine*. – 2021. – Vol. 18, N 4. – P. 681–692.
193. Yu, E.M. Validation of a Russian Language Oswestry Disability Index Questionnaire. / E.M. Yu, E.V. Nosova, Y. Falkenstein [et al.] // *Global Spine J.* – 2016. – Vol. 6, N 7. – P. 636–639.
194. Zeng, Y. Complications of correction for focal kyphosis after posterior osteotomy and the corresponding management / Y. Zeng, Z. Chen, Z. Guo [et al.] // *J. Spinal Disord. Tech.* – 2013. – Vol. 26, N 7. – P. 367–374.
195. Zeng, Y. Posterior surgical correction of posttraumatic kyphosis of the thoracolumbar segment / Y. Zeng, Z. Chen, C. Sun [et al.] // *J. Spinal Disord. Tech.* – 2013. – Vol. 26, N 1. – P. 37–41.
196. Zeng, Y. The clinical analysis of instrumentation failure after corrective surgery for thoracolumbar focal kyphosis / Y. Zeng, Z.Q. Chen, Q. Qi [et al.] // *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*. – 2016. – Vol. 54, N 7. – P. 518–522. (In Chinese).
197. Zhan, Y. Consecutive Kummell's Disease Combined with Parkinson's Disease and Experienced Internal Fixation Failure: A Case Report and Literature Review / Y. Zhan, G. He, H. Yang [et al.] // *Orthop. Surg.* – 2022. – Vol. 14, N 7. – P. 1533–1540.
198. Zhang, X.S. Correction of severe post-traumatic kyphosis by posterior vertebra column resection / X.S. Zhang, Y.G. Zhang, Z. Wang [et al.] // *Chin. Med. J. (Engl)*. – 2010. – Vol. 123, N 6. – P. 680–685.
199. Zhao, Q.H. Effects of Scoliosis Research Society-Schwab grade IV osteotomy for post-traumatic thoracolumbar kyphosis / Q.H. Zhao, Z.Z. Zhu, X. Sun [et al.] // *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*. – 2018. – Vol. 98, N 19. – P. 1474–1478. (In Chinese).
200. Zhao, Q.H. Effects of Scoliosis Research Society-Schwab grade IV osteotomy for post-traumatic thoracolumbar kyphosis / Q.H. Zhao, Z.Z. Zhu, X. Sun [et al.] // *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*. – 2018. – Vol. 98, N 19. – P. 1474–1478. (In Chinese).