

*На правах рукописи*

КУФТОВ  
ВЛАДИМИР СЕРГЕЕВИЧ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДЕКОМПРЕССИВНО-СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ  
ВМЕШАТЕЛЬСТВ ПРИ ПОЗВОНОЧНО-СПИННОМОЗГОВОЙ ТРАВМЕ  
ГРУДНОГО И ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
КОМПЬЮТЕРНО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

3.1.8. Травматология и ортопедия

3.1.10. Нейрохирургия

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание учёной степени  
доктора медицинских наук

Санкт-Петербург

2024

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном учреждении «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

**Научные консультанты:**

доктор медицинских наук профессор **Усиков Владимир Дмитриевич**

доктор медицинских наук профессор **Улитин Алексей Юрьевич**

**Официальные оппоненты:**

**Аганесов Александр Георгиевич** – доктор медицинских наук, профессор, ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского», отделение травматолого-ортопедическое (хирургии позвоночника), заведующий;

**Басанкин Игорь Вадимович** – доктор медицинских наук, ГБУЗ «Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница №1 им. профессора С.В. Очаповского» министерства здравоохранения Краснодарского края, нейрохирургическое отделение №3, заведующий;

**Мануковский Вадим Анатольевич** – доктор медицинских наук, профессор, Государственное бюджетное учреждение «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», директор

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Защита состоится 01 октября 2024 года в \_\_\_\_\_ часов на заседании объединенного диссертационного совета 99.0.008.02 в ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Минздрава России (195427, Санкт-Петербург, ул. акад. Байкова, дом 8).

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России и на сайте <https://dissovet.rniito.ru>  
Автореферат разослан «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.

Ученый секретарь диссертационного совета 99.0.008.02  
доктор медицинских наук



Денисов А.О.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы исследования

Лечение больных с повреждениями позвоночника остается актуальной проблемой вертебрыологии и требует дальнейшего изучения. Это определяется сохраняющимся большим удельным весом повреждений позвоночника в структуре травм скелета, преобладанием среди пострадавших лиц трудоспособного возраста, огромными затратами на лечение, возрастающим числом инвалидов, что делает данную проблему актуальной (Крылов В.В. с соавт., 2014; Khorasanizadeh M. et al., 2019; Mitchell J. et al., 2020; Quadri S.A. et al., 2020; Badhiwala J.N. et al., 2021). Доля повреждений позвоночника составляет от 2,2% до 20,6% среди всех повреждений опорно-двигательной системы (Морозов И.Н., Млявых С.Г., 2011; Толкачев В.С. с соавт., 2018; Kumar S. et al., 2020).

Частота травм спинного мозга при переломах позвоночника колеблется от 3,6 до 195,4 на миллион населения во всем мире (Дулаев А.К. с соавт., 2018; Marino R.J. et al., 2020; Rau Y. et al., 2022). При позвоночно-спинномозговой травме (ПСМТ) почти 50,0% составляют сочетанные и комбинированные повреждения, затрудняющие диагностику и лечение (Андреева Т.М., Огрызко Е.В., 2017; Толкачев В.С. с соавт., 2018; Лобзин С.В. с соавт., 2019).

Увеличивается количество повреждений, связанных с ДТП (22,0–70,0%), кататравмой (18,0–61,0%), травмой на воде (7,0–18,0%) (Бажанов С.П. с соавт., 2019; Gatti M.A. et al., 2020; Chen J. et al., 2021; Johansson E. et al., 2021).

Переломы грудного и поясничного отделов позвоночника составляют до 60% всех повреждений позвоночника, из которых на грудопоясничную область приходится от 70,0% до 90,0% (Liao J.C. et al., 2017; Mulcahy M.J. et al., 2021). Осложненная травма грудного отдела позвоночника составляет 35,0–39,2%, поясничного отдела – 11,0–28,5% (Hachem L.D. et al., 2017;

Marino R.J. et al., 2020). Частота встречаемости пациентов с множественными повреждениями позвоночника на грудном и поясничном уровнях в многопрофильном стационаре мегаполиса составляет 11,5% от общего числа пациентов с ПСМТ, нуждающихся в хирургическом лечении (Богданова О.Ю., 2019). У пациентов с неврологическими расстройствами, кроме двигательных и чувствительных нарушений, происходят изменения в вегетативной нервной системе, что приводит к нарушению работы внутренних органов и высокому риску вторичных осложнений (Fossey M.P.M. et al., 2022).

Сохраняющиеся дискуссии о хирургических подходах при лечении пострадавших с повреждениями позвоночника (Гринь А.А. с соавт., 2018; Ren E.H. et al., 2019; Wang T. et al., 2022), разнообразие способов декомпрессионных вмешательств (Афаунов А.А. с соавт., 2018; Hoffmann C. et al., 2020), нерешенные вопросы объема и протяженности фиксации позвоночно-двигательных сегментов (Лихачев С.В. с соавт., 2021; Ye C. et al., 2017), возникающие ошибки и осложнения (Zhang H. et al., 2022) требуют совершенствования системы хирургического лечения.

Огромные затраты на лечение, возрастающее число инвалидов, летальность при сочетанных повреждениях делают проблему особенно актуальной и в настоящее время (Quadri S.A. et al., 2020).

### **Степень разработанности темы исследования**

Основными задачами хирургического лечения таких больных являются коррекция локальной деформации, декомпрессия сосудисто-нервных образований позвоночного канала и стабильная фиксация поврежденного отдела позвоночника (Корнилов Н.В., Усиков В.Д., 2000; Усиков В.Д., 2006; Афаунов А.А. с соавт., 2007; Томилов А.Б., Кузнецова Н.Л., 2012; Рерих В.В., Борзых К.О., 2015; Yuan L. et al., 2019; Kumar S. et al., 2020; Olivares O.V. et al., 2021).

Достижение хорошего сагиттального и фронтального выравнивания, даже в случаях полного повреждения спинного мозга, по-прежнему важно, так как это обеспечивает биомеханическую стабильность и тем самым облегчает проведение реабилитации (Мушкин А.Ю. с соавт., 2009; Kumar S. et al., 2020). Спорным остается вопрос о том, к каким параметрам нужно стремиться и по каким ориентироваться в процессе устранения деформации позвоночника, а предлагаемые авторами расчеты углов исправления деформации являются приблизительными, исходя из большого индивидуального анатомического разнообразия (Рерих В.В. с соавт., 2007; Nou G.J. et al., 2020). Множество предложенных методов оценки углов кифотической деформации позвоночника вносят путаницу в результаты исследований (Formica M. et al., 2016; De Iure F. et al., 2018). Так, при анализе сегментарной деформации позвоночника разными авторами предлагается учитывать: угол клиновидности позвонка или местный сагиттальный угол (Vialle R. et al., 2005); сагиттальный индекс или деформацию Гарднера (Ulmar V. et al., 2010); местный сегментарный угол или сегментарный лордоз (Park K.H. et al., 2021). Количественный анализ деформации позвоночника важен для понимания нормальной анатомии позвоночника, хирургического планирования и анализа результатов лечения. В остром периоде травмы оптимальным является стремление к возвращению всех параметров позвоночника на исходный уровень, т.е. на этапе планирования оперативного вмешательства важно провести моделирование поврежденного отдела позвоночника. Выявлению закономерностей между разными анатомическими образованиями позвонков посвящены многие работы по морфометрии позвоночника (Heu N.W.D. et al., 2017; Lafage R. et al., 2020; Machino M. et al., 2020). Однако опубликовано слишком мало результатов исследований, оценивающих клинические исходы в отношении сагиттального баланса при травмах позвоночника. Результаты хирургического лечения пациентов с оскольчатыми переломами тел в грудопоясничном отделе свидетельствуют о том, что успех клинических результатов зависит от восстановления

сагиттального профиля (Перих В.В., Борзых К.О., 2015; Mayer M. et al., 2017; Yoshihara H., 2017).

Выбор наиболее подходящего хирургического подхода, особенно при наличии неврологических нарушений и разрушения тела позвонка, все еще является предметом дискуссии (Елисеев А.С. с соавт., 2021; Lindtner R.A. et al., 2018; Wang T. et al., 2022). Меньшая кровопотеря и периоперационные осложнения, а также сокращение длительности операции являются основными преимуществами заднего доступа (Yaman O. et al., 2021).

Широкое распространение получила закрытая декомпрессия позвоночного канала за счет дистракции и лигаментотаксиса, при которой можно уменьшить стеноз позвоночного канала почти наполовину (Афаунов А.А., Кузьменко А.В., 2011; Hadgaonkar S. et al., 2017). При сохраняющейся компрессии сосудисто-нервных образований позвоночного канала после закрытой декомпрессии встает вопрос о выполнении открытой декомпрессии. Существующие в настоящее время способы декомпрессионных вмешательств на грудном и поясничном отделах позвоночника нуждаются в дальнейшем изучении (Zhang B. et al., 2019; Hoffmann C. et al., 2020; Huang Z. et al., 2020). Поэтому тактика хирургического лечения при повреждении грудного и поясничного отделов позвоночника требует уточнения показаний для использования передних и задних доступов, их объема и очередности, а морфологическое разнообразие повреждений позвоночника требует усовершенствования способов закрытой и открытой декомпрессии позвоночного канала.

Большое внимание уделяется поддержанию стабильности оперированного отдела позвоночника. Недооценка стабильности в остром периоде будет способствовать нарастанию посттравматической деформации и нарушению баланса позвоночника, что потребует более тяжелых реконструктивных операций (Liu F.Y. et al., 2020; Olivares O.B. et al., 2021). Вместе с тем потеря коррекции послеоперационного кифоза и его ожидаемая корреляция с клиническим исходом по-прежнему являются предметом

обсуждения среди хирургов (Дулаев А.К., Мануковский В.А. с соавт., 2018; Басанкин И.В., 2021; Payer M., 2006). Осложнения, связанные с некорректной установкой транспедикулярных винтов, переломами винтов и штанг, миграцией имплантатов, составляют до 19% и приводят к нарастанию деформации в отдаленном периоде травмы (Hirota R. et al., 2022; Zhang H. et al., 2022). Профилактика данных осложнений и их своевременное лечение также заслуживают большого внимания (Li J. et al., 2021; Richter P.H. et al., 2022). Применяемые для установки винтов навигационные шаблоны требуют определенных финансовых, технических и временных ресурсов (Коваленко Р.А. с соавт., 2020; Косулин А.В. с соавт., 2022). Дорогостоящие навигационные системы, применяемые в настоящее время для имплантации транспедикулярных винтов, недоступны для широкого использования в клиниках, что побуждает к разработке доступных навигационных устройств.

Адекватная декомпрессия должна заканчиваться надежной фиксацией позвоночника. Остается спорной и протяженность транспедикулярной фиксации при разном характере повреждений позвоночника (Spiegel U.J. et al., 2021), а также включение в фиксацию сломанного позвонка (Усиков В.Д., 2006; Yaman O. et al., 2021).

Повышенная жесткость металлоконструкции на неподвижном сегменте приводит к компенсированным кинематическим и механическим требованиям к соседним нефиксированным сегментам. Соответственно, можно логически постулировать, что повышенная подвижность в соседних сегментах является основной причиной их ускоренной дегенерации (Усиков В.В., Усиков В.Д., 2006; Бердюгин К.А., Каренин М.С., 2010). Учитывая недостатки жесткой транспедикулярной фиксации, ряд исследователей вынуждены удалять транспедикулярные конструкции через определенное время (Lorente R. et al., 2021). Для уменьшения жесткости фиксации не определены возможности применения полуригидной фиксации при повреждениях грудного и поясничного отделов позвоночника.

После репозиционного транспедикулярного остеосинтеза с восстановлением высоты поврежденного позвонка и устранения передней компрессии содержимого позвоночного канала уточняются показания для выполнения переднего спондилодеза (Афаунов А.А. с соавт., 2016; Дулаев А.К. Мануковский В.А., Кутянов Д.И., 2018; Hoffmann C. et al., 2020). Разработка и внедрение новых малоинвазивных методов лечения, применение новейших хирургических систем заставляют пересмотреть подходы и выработать наиболее обоснованную лечебную тактику (Мануковский В.А. с соавт., 2012; Аганесов А.Г. с соавт., 2018; Бывальцев В.А. с соавт., 2019; Pishnamaz M. et al., 2020).

Анализ проблем лечения позвоночно-спинномозговой травмы грудного и поясничного отделов показывает актуальность дальнейших исследований по ряду направлений, касающихся предоперационного планирования, разработки способов и устройств для декомпрессии содержимого позвоночного канала и оптимальной фиксации поврежденных сегментов позвоночника. Данные литературы по хирургическому лечению больных с позвоночно-спинномозговой травмой позволили подтвердить актуальность темы исследования, определить следующую цель и задачи.

**Цель исследования** – научное обоснование, разработка и оценка эффективности усовершенствованной системы лечения пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой грудного и поясничного отделов, основанной на компьютерно-математическом моделировании хирургических вмешательств.

### **Задачи исследования**

1. Разработать на основании анализа компьютерных томограмм неповрежденного грудного и поясничного отделов позвоночника методику предоперационного планирования, предполагающую применение морфометрии для расчетов исходных размеров межтеловых промежутков и сегментарного угла.

2. Посредством ретроспективного анализа компьютерных томограмм у пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой грудного и поясничного отделов определить факторы, влияющие на восстановление вертикальных размеров тела поврежденного позвонка и результаты закрытой декомпрессии содержимого позвоночного канала.

3. Разработать специальную компьютерную программу для расчетов исходных линейных и угловых параметров на уровне повреждения в грудном и поясничном отделах позвоночника.

4. Изучить в ходе стендовых испытаний прочностные характеристики продольных штанг из стали и титановых сплавов разного диаметра в транспедикулярных устройствах и оценить посредством математического моделирования устойчивость фиксации с использованием их при нестабильных повреждениях поясничного отдела позвоночника.

5. Разработать и внедрить в клиническую практику навигационное устройство для точной установки винтов при транспедикулярном остеосинтезе у пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой грудного и поясничного отделов и оценить обеспечиваемые им преимущества.

6. Усовершенствовать способ репозиции поврежденного позвоночника транспедикулярным устройством и разработать способ передней декомпрессии спинного мозга у пациентов изучаемого профиля с оценкой их клинической эффективности.

7. Разработать алгоритм усовершенствованной системы лечения пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой грудного и поясничного отделов, основанный на компьютерно-математическом моделировании декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств.

8. Провести сравнительный анализ ближайших и отдаленных результатов хирургического лечения пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой грудного и поясничного отделов с использованием известной и усовершенствованной систем лечения.

## Научная новизна

1. На основании анализа морфометрических данных разработана оригинальная методика предоперационного планирования и получены новые данные о эффективности предложенных математических расчетов исходных размеров межтеловых промежутков и сегментарного угла на грудном и поясничном отделах.

2. Разработана и внедрена в клиническую практику специальная компьютерная программа (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2023668665) для математических расчетов и архивирования линейных и угловых параметров на уровне повреждения у пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой грудного и поясничного отделов.

3. Разработано на уровне изобретения новое навигационное устройство (патент РФ на полезную модель №211140) для точного проведения винтов при транспедикулярном остеосинтезе на грудном и поясничном отделах позвоночника.

4. Усовершенствован способ репозиции при оскольчатых переломах и переломовывихах в грудном и поясничном отделах позвоночника (патент РФ на изобретение № 2753133).

5. В эксперименте на стендовом аппарате в соответствии с международным стандартом ASTM F1717 получены новые данные о жесткости продольных штанг из стали и титановых сплавов в транспедикулярных устройствах с учетом материала изготовления и их диаметра.

6. Посредством математического моделирования методом конечных элементов определены оптимальные характеристики устойчивости продольных штанг в транспедикулярных устройствах при нестабильных повреждениях поясничного отдела позвоночника

7. Разработан новый способ передней декомпрессии содержимого позвоночного канала из дорсального доступа и инструменты для его выполнения в грудном и поясничном отделах (патент РФ на изобретение № 2798042).

8. Обоснована и представлена в виде алгоритма усовершенствованная система лечения пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой грудного и поясничного отделов, основанная на компьютерно-математическом моделировании декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств.

### **Теоретическая и практическая значимость исследования**

1. Проведенные морфометрические исследования результатов спиральной компьютерной томографии с предложенными математическими расчетами индивидуальных параметров в виде размеров межтеловых промежутков и сегментарного угла на уровне повреждения позволяют рекомендовать их для лечения больных с позвоночно-спинномозговой травмой грудного и поясничного отделов.

2. Разработанная компьютерная программа для математических расчетов исходных индивидуальных параметров поврежденного тела позвонка со смежными дисками позволяет выполнять расчеты и сохранять полученные результаты в до-, интра- и послеоперационном периодах.

3. Внедрение при лечении больных с позвоночно-спинномозговой травмой грудного и поясничного отделов навигационного устройства для проведения транспедикулярных винтов позволяет повысить точность проведения винтов, снизить лучевую нагрузку и уменьшить продолжительность операции.

4. Применение в хирургическом лечении пациентов с ПСМТ усовершенствованного способа репозиции позвоночника при оскольчатых переломах и переломовывихах грудного и поясничного отделов позволяет

улучшить репозиционные возможности транспедикулярной системы и повысить устойчивость остеосинтеза.

5. Использование разработанного способа декомпрессии содержимого позвоночного канала из дорсального доступа при позвоночно-спинномозговой травме грудного и поясничного отделов позволяет устранить сохраняющуюся компрессию после аппаратной репозиции и выполнить межтеловой спондилодез.

6. Проведенное экспериментальное исследование на стендовом аппарате в соответствии с международным стандартом ASTM F1717 обосновывает использование для фиксации при нестабильных повреждениях грудного и поясничного отделов продольных штанг в транспедикулярных устройствах из титана ВТ6 диаметром 7,0 мм, которые имеют оптимальную жесткость при максимальной нагрузке.

7. Предложенная система лечения пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой грудного и поясничного отделов, основанная на компьютерно-математическом моделировании декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств, способствует снижению риска осложнений, повышению эффективности хирургических вмешательств и улучшению результатов лечения.

### **Методология и методы исследования**

Методологической основой диссертационного исследования явился ретроспективный анализ (120 пациентов) и проспективная оценка (96 пациентов) результатов обследования и лечения пациентов со средним возрастом  $31,5 \pm 4,8$  лет с позвоночно-спинномозговой травмой грудного и поясничного отделов, находившихся на лечении в ГАУЗ «Брянская городская больница № 1» (г. Брянск) с 2003 по 2022 г. Основными направлениями исследования явились: разработка методики предоперационного планирования по данным компьютерной томографии «неповрежденного» позвоночника, основанной на морфометрических измерениях и

математических расчетах исходных индивидуальных параметров в виде вертикальных размеров межтеловых промежутков и сегментарного угла; ретроспективное изучение влияния индивидуальных параметров на восстановление вертикальных размеров поврежденного тела позвонка и закрытую декомпрессию содержимого позвоночного канала; стендовые испытания по международным стандартам ASTM F1717 для определения прочностных характеристик продольных штанг в транспедикулярных устройствах с учетом материала изготовления и их диаметра, определение оптимальных характеристик их работоспособности посредством математического моделирования методом конечных элементов; разработка способов и устройств для декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств в грудном и поясничном отделах.

Объекты исследования – взрослые пациенты с позвоночно-спинномозговой травмой грудного и поясничного отделов, спондилограммы, СКТ, МРТ. Предметом исследования явились: сравнительные результаты хирургического лечения пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой грудного и поясничного отделов с учетом традиционных подходов (контрольная группа) и усовершенствованных методик хирургического лечения (основная группа).

На основании изучения отечественной и зарубежной литературы, посвященной нерешенным проблемам по данному направлению, создавался дизайн диссертационного исследования. Проводились отбор пациентов и формирование двух репрезентативных групп больных, их хирургическое лечение, оценка результатов с учетом применяемых методов диагностики и лечения. Критериями исключения явились больные с многоуровневыми повреждениями позвоночника, патологические и застарелые переломы, а также пациенты, не нуждающиеся в хирургическом лечении.

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

1. Планирование декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств на основе математических расчетов размеров межтеловых промежутков и сегментарного угла у пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой грудного и поясничного отделов позволяет восстанавливать исходные параметры поврежденного отдела позвоночника с обоснованной декомпрессией содержимого позвоночного канала и устойчивой фиксацией транспедикулярным устройством без вентрального вмешательства.

2. Практическое использование у пациентов изученного профиля предложенной компьютерной программы для математических расчетов исходных линейных и угловых параметров на уровне повреждения в грудном и поясничном отделах позвоночника позволяет производить точные расчеты и сохранять полученные результаты в до-, интра- и послеоперационном периодах.

3. Разработанное навигационное устройство для установки транспедикулярных винтов позволяет повысить точность их проведения, снижать лучевую нагрузку и уменьшать продолжительность операции у пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой грудного и поясничного отделов.

4. Предложенные и успешно апробированные в клинике способы декомпрессивно-стабилизирующих операций на грудном и поясничном отделах позвоночника у профильных пациентов позволяют осуществить дозированную репозицию поврежденного отдела позвоночника, полноценную закрытую и открытую декомпрессию содержимого позвоночного канала и устойчивую фиксацию прооперированного отдела позвоночника.

5. Усовершенствованная система хирургического лечения пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой грудного и поясничного отделов, предполагающая компьютерно-математическое моделирование по разработанной методике размеров межтеловых промежутков и сегментарного угла, позволяет в большинстве случаев выполнять весь объем оперативного

вмешательства в один этап из заднего доступа с достоверным улучшением ближайших и отдаленных результатов лечения.

### **Личный вклад автора**

Диссертантом определены цель и задачи исследования, проанализированы данные отечественной и зарубежной литературы по теме исследования, лично разработан и обоснован дизайн научной работы.

Представленные в диссертации экспериментальные и клинические результаты исследования получены автором лично или при его непосредственном участии. Автором самостоятельно выполнены операции у 123 пациентов, у 76 пациентов он участвовал в операциях в качестве ассистента, статистическая обработка и анализ собственных полученных данных экспериментального, морфометрического и клинического исследований. Самостоятельно проведены сравнительная оценка эффективности хирургического лечения, анализ ближайших и отдаленных результатов лечения при применении разных хирургических доступов, выявление и профилактика возникающих осложнений. На основании многолетних исследований автором сформулированы выводы, практические рекомендации, написан текст диссертации и автореферат. Все материалы, использованные в диссертационном исследовании, проанализированы, обобщены и изложены лично автором.

### **Достоверность исследования**

Достоверность результатов исследования основана на большом клиническом материале (n=216). Анализ результатов экспериментального, морфометрического и клинического исследований, ближайших и отдаленных результатов хирургического лечения пациентов с ПСМТ грудной и поясничной локализации проведены на основании стандартизированных методик, классификаций и общепринятых шкал. Достоверность результатов

диссертационного исследования подтверждена статистической обработкой данных с использованием пакета программ SPSS Statistica v.23. Оценивались средние значения с 95% доверительным интервалом, определялся t-критерий для парных сравнений, коэффициент корреляции Пирсона, значимость различий между группами оценивалась с помощью  $\chi^2$  Пирсона.

### **Апробация диссертационной работы**

Основные научные положения и выводы диссертационного исследования доложены и обсуждены на различных научно-практических конференциях и симпозиумах по травматологии, нейрохирургии, вертебрологии, посвященных проблемам хирургического лечения больных с травмами позвоночника и спинного мозга: на научно-практических конференциях «Поленовские чтения» (Санкт-Петербург, 2006–2023); «Проблемы остеопороза в хирургии позвоночника» (Смоленск, 2007); «Нейрохирургия и травматология: современный подход и перспективы развития» (Тула, 2012); на конференции по интермиттирующей катетеризации в Дании (Копенгаген, 2012); «Неотложные состояния в вертебрологии» (Санкт-Петербург, 2013); «Актуальные вопросы нейрохирургии: диагностика и лечение» (Архангельск, 2014); «Современные принципы комплексного лечения, реанимации и реабилитации больных с заболеваниями и травмой нервной системы» (Красноярск, 2015); VIII съезде ассоциации хирургов-вертебрологов (RASS) «Фундаментальные и прикладные аспекты поражений и повреждений позвоночника» (Иркутск, 2017); IX съезде ассоциации хирургов-вертебрологов «Хирургическая вертебрология: достижения и нерешенные вопросы» (Санкт-Петербург, 2018); Всероссийском форуме «InnoMed-2018» (Пенза, 2018); Всероссийском нейрохирургическом форуме (Москва, 2022); научно-практической конференции «Актуальные вопросы, достижения и нерешенные проблемы современной травматологии и ортопедии» (Смоленск, 2022); IX Национальном конгрессе с международным

участием «Медицинская помощь при травмах: новое в организации и технологиях» (Санкт-Петербург, 2024).

### **Публикации и реализация результатов работы**

По теме диссертационного исследования опубликовано 39 печатных работ, из них 12 работ в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикаций результатов диссертационных исследований. По специальности «Травматология и ортопедия» опубликовано 7 статей, а по специальности «Нейрохирургия» – 5 статей. Получено 4 патента РФ и свидетельство на компьютерную программу: «Способ остеосинтеза позвоночника при травмах и заболеваниях» (патент РФ на изобретение №2559275), «Способ репозиции позвоночника при оскольчатых переломах и переломовывихах грудного и поясничного отделов» (патент РФ на изобретение №2753133), «Навигационное устройство для введения винтов при транспедикулярной фиксации на грудном и поясничном отделах позвоночника» (патент РФ на полезную модель №211140), «Способ декомпрессии спинного мозга при переломах грудных и поясничных позвонков» (патент РФ на изобретение №2798042), «Программа для расчёта восстановления исходной анатомии позвоночника» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2023668665).

Основные положения диссертации внедрены в практическую работу нейрохирургических отделений ГАУЗ «Брянская городская больница №1» (г. Брянск), СПб ГБУЗ «Городская больница №26» (г. Санкт-Петербург), ГБУЗ «Калужская областная клиническая больница» (г. Калуга), ГАУЗ «Орловская городская больница №1» (г. Орел), ГБУЗ «Петрозаводская клиническая больница» (г. Петрозаводск).

Положения диссертации включены в учебный процесс кафедры нервных болезней и нейрохирургии ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России, кафедры нейрохирургии им. профессора А.Л. Поленова ФГБОУ ВО «Северо-Западный

государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России.

### **Объем и структура диссертации**

Диссертация изложена на 331 странице и состоит из введения, обзора литературы, пяти глав собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка литературы, который включает 387 источников, в том числе 151 отечественных и 236 зарубежных авторов, и приложений. Работа содержит 27 таблиц и иллюстрирована 115 рисунками.

### **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи диссертационного исследования, освещены его научная новизна и практическая значимость, изложены основные положения, выносимые на защиту, представлены сведения о реализации и апробации работы, объеме и структуре диссертации.

**В первой главе** в ходе анализа данных отечественной и зарубежной литературы показано многообразие вариантов хирургического лечения пострадавших с ПСМТ грудного и поясничного отделов, которые включают три основных этапа: восстановление биомеханической оси позвоночника, декомпрессия содержимого позвоночного канала и надежная фиксация позвоночника. При восстановлении поврежденного отдела позвоночника использование эталонных значений угловых параметров сопряжено с большими погрешностями. Сохраняющиеся неудовлетворительные результаты лечения позвоночно-спинномозговой травмы требуют совершенствования объема и методов лечения. Применение современных навигационных систем для оперативного лечения недоступно многим клиникам из-за финансовых затрат и дополнительного вовлечения инженерных работников. Несмотря на очевидный прогресс в

совершенствовании технологий фиксации поврежденного позвоночника, частота осложнений после остеосинтеза остается достаточно высокой. Использование в исследованиях различных углов деформации позвоночника при оценке результатов лечения затрудняет их объективное сравнение. Комплекс описанных выше факторов обусловил актуальность настоящего исследования.

**Во второй главе** представлены материалы и методы диссертационного исследования. С целью решения поставленных задач нами был разработан дизайн исследования, который включил в себя шесть этапов.

1-й этап. Изучение отечественной и иностранной литературы, посвященной морфометрическим исследованиям позвоночника, проблеме хирургического лечения пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой грудного и поясничного отделов. Проведенный анализ научной литературы позволил нам определить актуальность диссертационного исследования, уточнить его цель и задачи, лучше спланировать последующие морфометрические, стендовые и клинические исследования.

2-й этап. Морфометрическое исследование было проведено на неповрежденных грудном и поясничном отделах позвоночника по данным СКТ у 25 человек. Морфометрические исследования на неповрежденном грудном и поясничном отделах позвоночника, направленные на разработку методики предоперационного планирования, позволили решить первую задачу диссертационной работы.

3-й этап. Клинико-морфометрическое исследование на поврежденных грудном и поясничном отделах позвоночника. Разработка методики интраоперационного восстановления рассчитанных параметров межтеловых промежутков и сегментарного угла, а также компьютерной программы для математических расчетов и архивирования данных параметров.

Модуль клинико-морфометрического исследования включил:

- ретроспективное изучение 50 больных с ПСМТ грудного и поясничного отделов позвоночника по данным СКТ до и после операции; изучалось влияние факторов и величин межтеловых промежутков и сегментарного угла на восстановление поврежденного тела позвонка;

- ретроспективное изучение 45 больных с ПСМТ на уровне L1 позвонка по данным СКТ до и после операции; изучалось влияние факторов, величин межтеловых промежутков и сегментарного угла на закрытую декомпрессию содержимого позвоночного канала.

Разработка методики интраоперационного восстановления рассчитанных параметров межтеловых промежутков и сегментарного угла проводилось во время дозированной аппаратной репозиции позвоночника с использованием измерений на экране монитора ЭОП. Результаты ретроспективного исследования пациентов с ПСМТ грудной и поясничной локализации позволили решить вторую задачу исследования. Разработка специальной компьютерной программы для расчетов исходных линейных и угловых параметров на уровне повреждения в грудном и поясничном отделах позвоночника с возможностью использования её в до-, интра- и послеоперационном периодах легли в основу решения третьей задачи нашего диссертационного исследования.

4-й этап. Экспериментальное исследование для изучения прочностных характеристик различных продольных штанг в транспедикулярных устройствах и оценка посредством математического моделирования методом конечных элементов устойчивости фиксации при нестабильных повреждениях поясничного отдела позвоночника:

- стендовые испытания по международному стандарту ASTM F1717 для определения прочностных характеристик различных продольных штанг в транспедикулярных устройствах в зависимости от материала изготовления и их диаметра;

- на геометрической модели поясничного отдела позвоночника проведение математического моделирования методом конечных элементов в

пакете программ Ansys, при котором имитировали различные виды травм и заболеваний позвоночника, для определения оптимальных характеристик работоспособности транспедикулярных устройств и устойчивости фиксации при нестабильных повреждениях поясничного отдела позвоночника на уровне LIII позвонка.

Стендовые испытания прочностных характеристик продольных штанг в транспедикулярных устройствах и проведение математического моделирования методом конечных элементов позволили решить четвертую задачу диссертационного исследования.

5-й этап. Следующим этапом в рамках реализации плана диссертационной работы нами было проведено усовершенствование дорсальных декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств при ПСМТ грудного и поясничного отделов, которое включало:

- разработку навигационного устройства для точного введения винтов при транспедикулярном остеосинтезе у больных с ПСМТ грудного и поясничного отделов;

- разработку способа репозиции позвоночника при ПСМТ грудного и поясничного отделов;

- разработку способа передней декомпрессии спинного мозга при переломах грудных и поясничных позвонков из трансфораминального доступа в остром периоде ПСМТ нижнегрудного и поясничного отделов.

Обоснование и представление в виде алгоритма усовершенствованной системы лечения пациентов с ПСМТ грудного и поясничного отделов легло в основу седьмой задачи.

6-й этап. На завершающем этапе диссертационной работы был проведен сравнительный анализ результатов хирургического лечения в двух группах больных, госпитализированных в разные временные периоды, а именно: до использования в предоперационном планировании математических расчетов и усовершенствованных дорсальных

декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств (120 пациентов – контрольная группа) и после их внедрения (96 пациентов – основная группа).

В основной группе было 65 мужчин и 31 женщина, в контрольной группе – 78 мужчин и 42 женщины. С сочетанной травмой было 46 (47,9%) пациентов основной и 62 (51,7%) – контрольной группы. Повреждение двух и более анатомических областей отмечалось у 12 (12,5%) пациентов основной и 17 (14,2%) пациентов контрольной группы. Превалирующим механизмом травмы было падение с высоты. При анализе падений с высоты выявлено: падение с высоты до трех метров (включая высоту собственного роста) – 30 (28,6%); с высоты 3-6 метров – 41 (39,0%); 6-9 метров – 17 (16,2%); 9-12 метров – 13 (12,4%); выше 12 метров – 4 (3,8%) пациента.

Повреждения одного ПДС в основной группе имело место в 56 (58,3%) случаях, повреждения двух ПДС – в 40 (41,7%). Среди пациентов контрольной группы повреждения одного ПДС имело место в 74 (61,6%) случаях, повреждения двух ПДС – в 46 (38,4%). Морфологию повреждений костно-связочных структур оценивали по классификации AOSpine (табл. 1)

Таблица 1

Распределение больных по классификации AOSpine

Тип перелома	Основная группа (n=96)		Контрольная группа (n=120)	
	абс.	%	абс.	%
A3	22	22,9	28	23,4
A4	44	45,8	52	43,3
B1	3	3,1	7	5,8
B2	9	9,4	10	8,4
B3	4	4,2	4	3,3
C	14	14,6	19	15,8
Всего	96	100	120	100

Наиболее часто повреждения позвоночника у пациентов как основной, так и контрольной групп локализовались на уровне ThXII-LII (рис. 1).

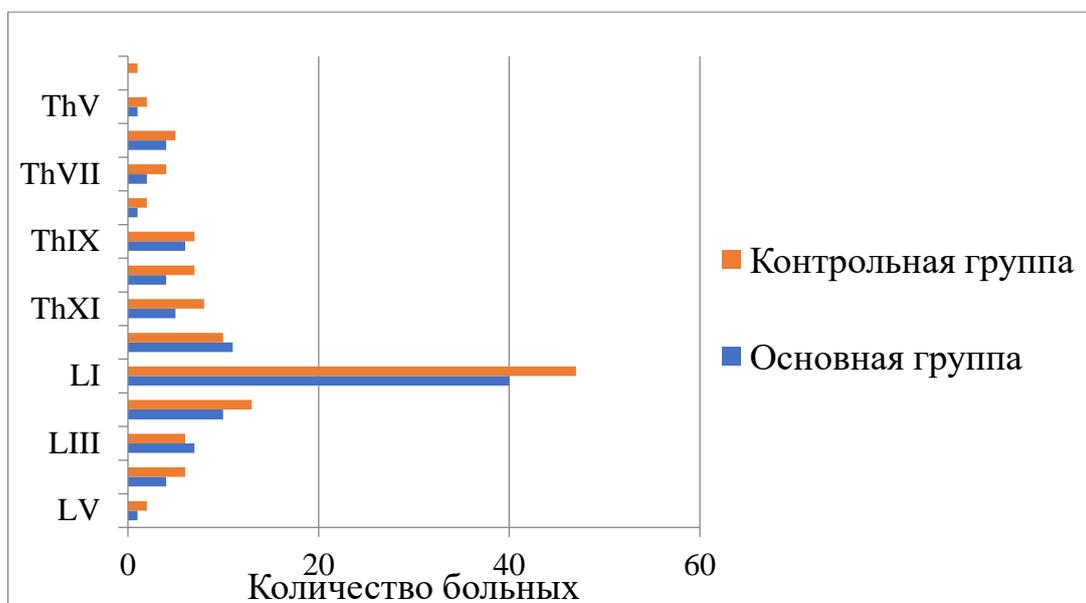


Рисунок 1. Распределение больных основной и контрольной групп по уровням повреждения

Неврологические нарушения в двух репрезентативных группах по ASIA представлены на рисунке 2.

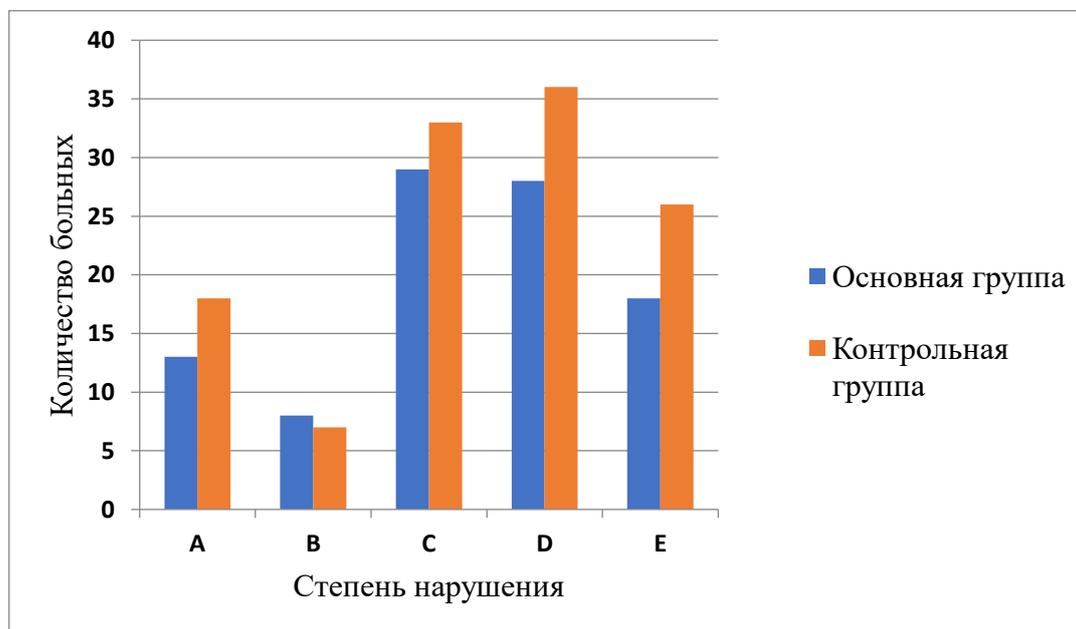


Рисунок 2. Неврологические нарушения в двух группах по ASIA в абсолютных числах

Проведенная статистическая обработка цифровых данных не выявила статистически значимых различий в исследуемых группах, что подтверждает

статистическую сопоставимость основной и контрольной групп по основным клиническим и спондилометрическим параметрам.

Благодаря сравнительному анализу результатов хирургического лечения удалось решить восьмую задачу настоящего диссертационного исследования.

На всех этапах диссертационной работы использовались клинические, морфометрические, лучевые и статистические методы исследования.

**В третьей главе** проводилась разработка методики предоперационного планирования и способов расчетов исходных вертикальных и угловых параметров, необходимых при восстановлении поврежденного тела позвонка со смежными дисками. На модели «здорового» позвоночника, состоящей из трех тел позвонков и четырех смежных дисков, разработана методика математических расчетов исходных вертикальных размеров тела позвонка со смежными дисками и сегментарного угла. Для оценки передних и задних размеров тела позвонка со смежными дисками нами введены анатомические термины: передние и задние «межтеловые промежутки». Используемый нами сегментарный угол оценивается в пределах межтеловых промежутков.

Исходный размер передних и задних межтеловых промежутков рассчитывался как полусумма размеров смежных тел позвонков плюс размеры межпозвоночных дисков на уровень выше и ниже от поврежденного тела позвонка. Исходные значения использованного нами сегментарного угла рассчитывались с помощью тригонометрической функции по формуле:

$\sin^{-1}$ (разница размеров межтеловых промежутков, деленная на размер верхней замыкательной пластинки тела, нижележащего от поврежденного позвонка).

Предложенная нами методика расчетов исходных размеров межтеловых промежутков и сегментарного угла позволила приблизить результаты фактических измерений и рассчитанных целевых параметров с разницей передних межтеловых промежутков на  $1,4 \pm 0,4$  мм, задних – на  $1,3 \pm 0,5$  мм, а сегментарного угла – на  $2,5 \pm 0,6$  градуса.

Для решения второй задачи диссертационной работы были проведены ретроспективные клинико-рентгенологические исследования пациентов с ПСМТ грудного и поясничного отделов. Для исследования использовались данные СКТ до и после оперативного лечения. В процессе первого ретроспективного исследования (50 больных) изучалось влияние факторов на восстановление вертикальных размеров поврежденного тела позвонка. Такими факторами явились: давность травмы и величина distraction межтеловых промежутков. В первые 10 дней после травмы удалось восстановить передние размеры тел позвонков в среднем до  $95,3 \pm 1,9\%$ , задние размеры – до  $96,1 \pm 1,4\%$ . Максимальное восстановление передних и задних размеров тел позвонков происходило при distraction межтеловых промежутков от 97 % до 102% от их рассчитанных размеров.

Второе ретроспективное исследование включало 45 больных с ПСМТ на уровне L1 позвонка и было направлено на изучение влияния факторов на закрытую декомпрессию содержимого позвоночного канала. Выявлено, что факторами, влияющими на закрытую декомпрессию содержимого позвоночного канала, являются давность травмы, ширина внутриканального костного фрагмента, величина distraction межтеловых промежутков и сегментарный угол. Сместить костный фрагмент из позвоночного канала в вентральном направлении более чем на 50,0% от его смещения удавалось при его ширине менее  $69,2 \pm 9,2\%$  от поперечного диаметра позвоночного канала. Максимальное смещение костных фрагментов из позвоночного канала происходило при величине distraction межтеловых промежутков от 99,0 до 102,0% и при совпадении достигнутого сегментарного угла с рассчитанным.

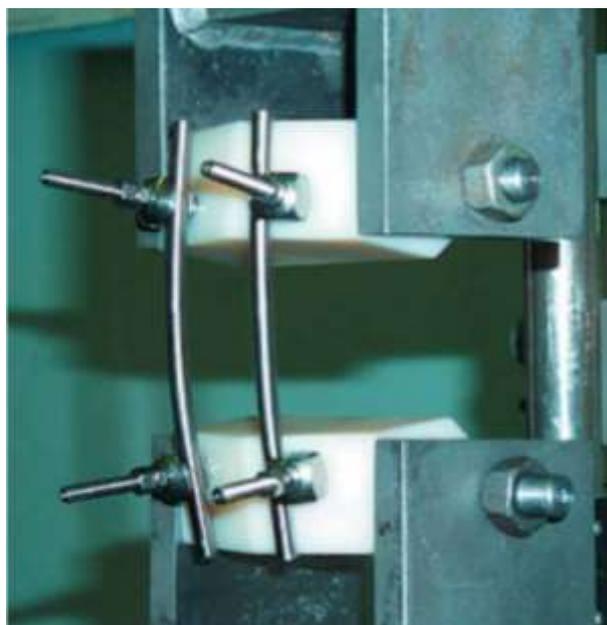
Для облегчения трудоемких расчетов была разработана компьютерная программа (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2023668665), которая позволяет производить математические расчеты и архивирование исходных индивидуальных параметров поврежденного тела позвонка со смежными дисками в грудном и поясничном отделах в до-, интра- и послеоперационном периодах. Данной программой удобно

пользоваться при анализе данных СКТ-исследований в процессе динамического наблюдения после оперативного лечения пациентов с ПСМТ грудного и поясничного отделов. Разработка компьютерной программы легла в основу третьей задачи диссертационного исследования.

В четвертой главе проводилось решение четвертой задачи посредством стендовых испытаний по международному стандарту ASTM F1717 и математического моделирования методом конечных элементов на поясничном отделе позвоночника изучались механические свойства фиксирующих штанг в транспедикулярных устройствах в зависимости от материала изготовления и их диаметра. В блоки из сверхвысокомолекулярного полиэтилена, имитирующие тела позвонков в соответствии со спондилоэктомической моделью, вводили винты, которые соединяли фиксирующими штангами из различных сплавов (рис. 3).



а



б

Рисунок 3. Общий вид транспедикулярных устройств при испытаниях по стандарту ASTM F1717: а – исходное состояние; б – нагруженное состояние

Конструкцию устанавливали в шарнирных захватах испытательной машины TIRAtest 2300 и нагружали методом сжатия-растяжения. По результатам испытаний определяли жесткость конструкции, а также предельную нагрузку, при которой происходило необратимое изменение формы транспедикулярных устройств или повреждение фиксирующих штанг. В ходе стендовых испытаний получены новые данные о жесткости различных продольных штанг в транспедикулярных устройствах. Среди них максимальную нагрузку (770 Н) и упругое смещение (12,6 мм) с сохранением своей целостности выдерживают штанги из титана ВТ6 диаметром 7,0 мм.

Для изучения устойчивости транспедикулярных устройств с разными модулями упругости продольных штанг было проведено теоретическое исследование на геометрической модели поясничного отдела позвоночника методом конечных элементов в пакете программ Ansys. В модели воспроизводили костные хрящевые и связочные структуры, прикладывая изгибающую нагрузку и сравнивая перемещения ее элементов с теми, которые наблюдали при экспериментах на анатомических препаратах. В процессе моделирования к поясничному отделу позвоночника прикладывали изгибающий момент, имитирующий функциональную нагрузку на позвоночник при флексии и экстензии. Нестабильность позвоночника оценивали, исходя из трехколонного строения остеолигаментарных структур по F. Denis (1984). По результатам расчета определяли подвижность отдельных сегментов по коэффициенту стабильности (K), который отвечает отношению угловых или линейных перемещений сегмента при функциональных нагрузках в нормальном (здоровом) состоянии к таким же перемещениям сегмента в травмированном или стабилизированном состоянии, а также напряжения и деформации, возникающие в элементах транспедикулярного аппарата и в костной ткани вокруг винтов.

Результаты показали, что использование в транспедикулярных устройствах фиксирующих штанг из титанового сплава диаметром 7,0 мм повышает стабильность фиксированного сегмента позвоночника.

Эффективность использования транспедикулярных конструкций из титана ВТ6 диаметром 7 мм была подтверждена в ходе последующей клинической части диссертационной работы.

**Пятая глава** посвящена разработке и совершенствованию способов декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств у пациентов с ПСМТ грудного и поясничного отделов.

Для повышения точности проведения транспедикулярных винтов в грудном и поясничном отделах при травмах позвоночника разработано навигационное устройство (патент РФ на полезную модель № 211140) (рис. 4), что явилось решением пятой задачи исследования.

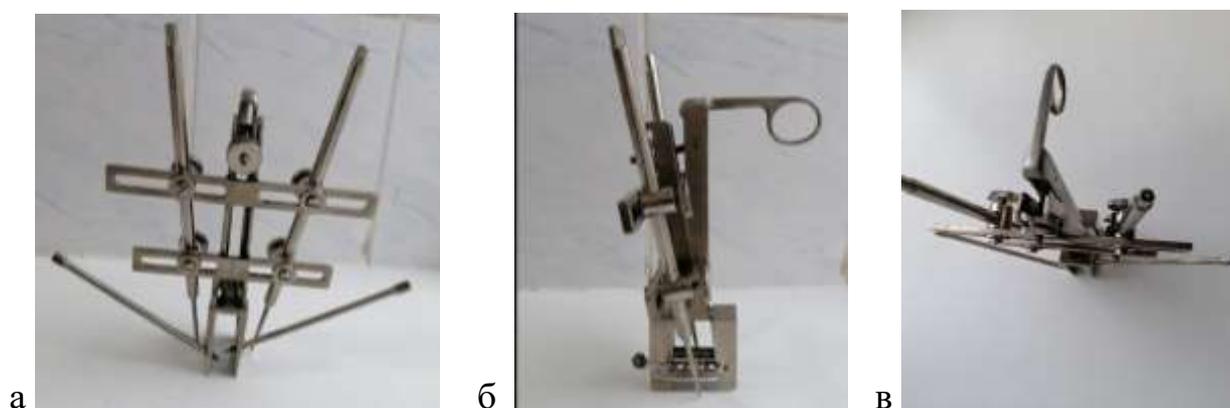


Рисунок 4. Внешний вид навигационного устройства: а – вид спереди; б – вид сбоку; в – вид сверху

В основе работы данного устройства лежит создание карты разметки для определения траектории проведения транспедикулярных винтов на этапе предоперационного планирования по данным спиральной компьютерной томографии. Во время операции данные с карты разметки переносятся в навигационное устройство, что позволяет при минимальных затратах обеспечить точность введения винтов с одновременным проведением винтов с двух сторон, уменьшить лучевую нагрузку на пациента за счет уменьшения количества снимков и уменьшить время оперативного вмешательства. Навигационное устройство позволяет проводить два винта в позвонок при однократном рентген-контроле. На клиническом материале при

использовании разработанного навигационного устройства точность установки винтов составила 94,2% (по классификации Герцбейна-Роббинса) по сравнению с 83,5% при установке методом «свободной руки».

Для решения шестой задачи диссертационного исследования было проведено усовершенствование дорсальных декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств при позвоночно-спинномозговой травме грудного и поясничного отделов. С помощью транспедикулярной репозиционной системы удавалось устранить значительную часть сколиотической и кифотической деформаций позвоночника. На основании анализа литературных данных и собственного практического опыта нами был усовершенствован способ репозиции позвоночника при оскольчатых переломах и переломовывихах грудного и поясничного отделов, улучшающий возможности репозиционного устройства «Синтез» (патент РФ на изобретение № 2753133) (рис. 5).

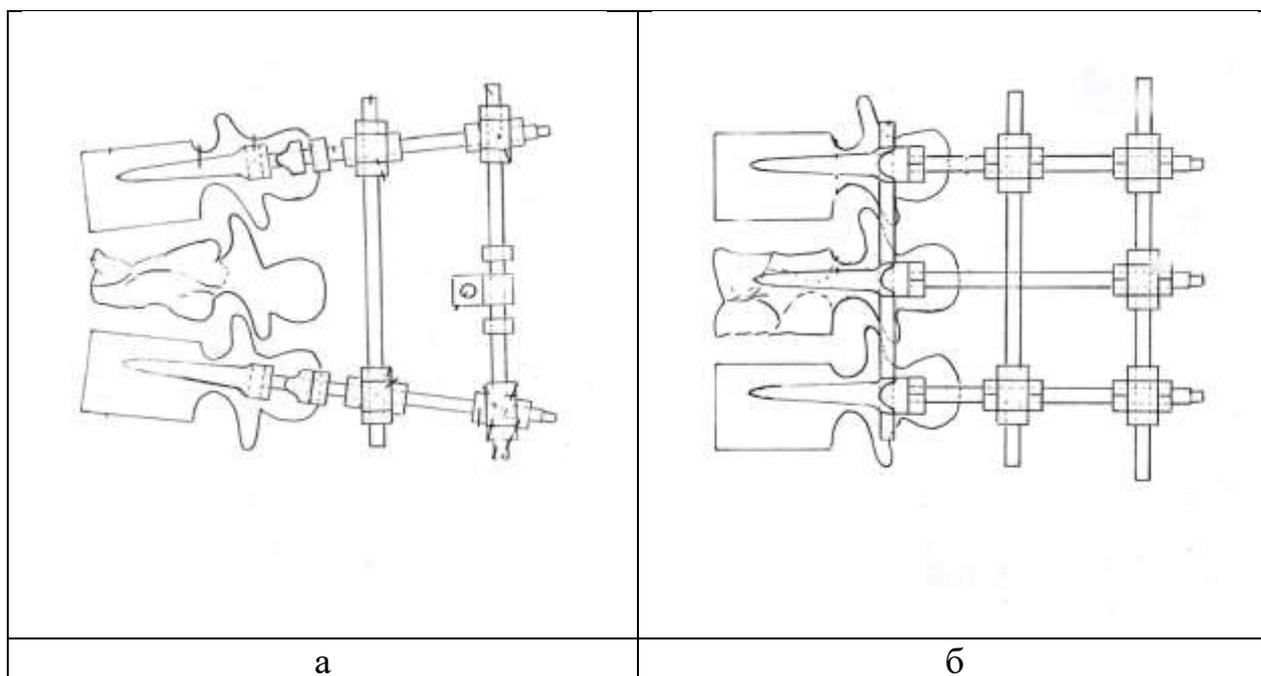


Рисунок 5. Схема репозиционного устройства в аксиальной проекции:

а – до начала репозиции; б – на завершающем этапе репозиции

Новизна предлагаемого способа заключается в том, что при начальном монтаже репозиционной системы на ее наружных продольных штангах

собираются муфты с гайками для установки в них центральных штанг с редукционными винтами. Затем через отверстия этих муфт производится разметка и последующее введение винтов в расправленный поврежденный позвонок. Муфты в данной ситуации служат своеобразным навигатором для точной установки редукционных винтов в поврежденный позвонок.

С помощью репозиционной четырехвинтовой системы осуществляются одномоментная продольная дистракция и угловая коррекция поврежденного сегмента позвоночника, в результате чего за счет натяжения связочного аппарата происходят расправление тела сломанного позвонка и предварительная стабилизация отломков сломанного тела позвонка. Через средние муфты, расположенные на наружных продольных штангах в поврежденный позвонок с двух сторон, как по навигации, проводится введение редукционных винтов в поврежденный позвонок. Проведение репозиционных винтов в сломанный позвонок позволяло устранять оставшуюся деформацию позвоночника и переднюю форму сдавления спинного мозга, а также воссоздать сагиттальный профиль поврежденного сегмента, не прибегая к реконструкции передней остеолигаментарной колонны позвоночника. Таким способом при травмах до двух недель удавалось восстановить форму и размеры деформированного позвонка в среднем на 93,5%, а в более поздние сроки (до месяца) частично удавалось расправлять деформированный позвонок в среднем на 20,0% от исходного.

Уменьшение травматичности декомпрессивно-стабилизирующих операций и тенденция к выполнению всего объема хирургического лечения нестабильных разрывных переломов только с помощью заднего доступа привели нас к разработке нового способа декомпрессии содержимого позвоночного канала. Задачами изобретения являлись разработка способа, позволяющего устранять посттравматический стеноз позвоночного канала. Предложенный способ открытой декомпрессии (патент РФ на изобретение №2798042) позволяет устранять посттравматический стеноз позвоночного

канала с помощью инструментов для прямой импрегнации костно-хрящевых фрагментов, смещенных в позвоночный канал (рис. 6).

Новизна предлагаемого способа заключается в том, что после неустраненной передней компрессии содержимого позвоночного канала свободными костными отломками тела позвонка в условиях аппаратной транспедикулярной репозиции выполняется одно- или двусторонний трансфораминальный доступ в позвоночный канал. После дискэктомии через окна в фораминальных отверстиях в позвоночный канал под твердой мозговой оболочкой со стороны межпозвонкового диска в направлении свободных костных фрагментов проводятся специальные инструменты, с помощью которых происходит погружение выступающих костных фрагментов в тело поврежденного позвонка.

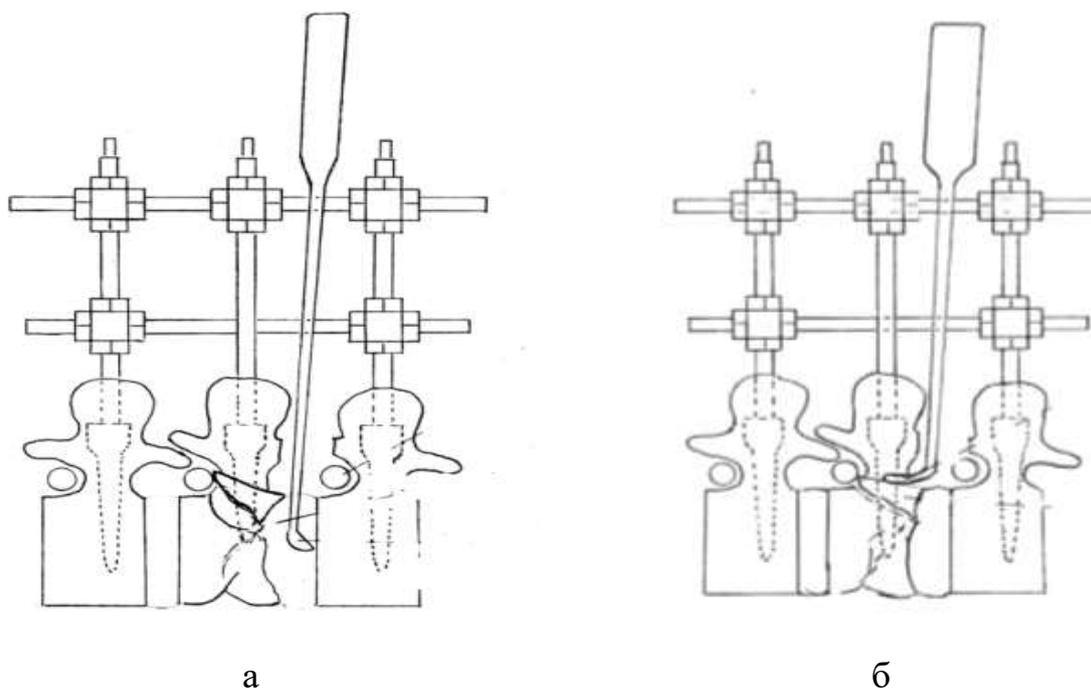


Рисунок 6. Этапы использования способа открытой декомпрессии содержимого позвоночного канала: а – дискэктомия; б – погружение костного фрагмента

После восстановления передней стенки позвоночного канала создается компрессия репозиционной системой для ущемления данных костных фрагментов в кортикальном слое передней стенки позвоночного канала.

Выполнение предварительной дискэктомии создает резервное пространство для погружения костного фрагмента и освобождает место для межтелового корпорозеда как измельченной аутокостью, так и аллокостью. Предлагаемые инструменты просты в изготовлении, дешевы, не требуют специальных навыков в их применении. Таким образом, предлагаемый способ и инструменты для малоинвазивной декомпрессии позвоночного канала позволяют осуществлять максимально полную декомпрессию содержимого позвоночного канала без ламинэктомии, выполнить межтеловой спондилодез и тем самым избавиться от переднего этапа хирургического вмешательства.

**Шестая глава** посвящена разработке алгоритма усовершенствованной системы лечения и непосредственно хирургическому лечению пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой грудного и поясничного отделов.

С разработкой алгоритма усовершенствованной системы лечения пациентов изучаемого профиля связана седьмая задача диссертационного исследования, основанная на предложенной методике предоперационного планирования, способов и устройств для декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств.

В результате предоперационного планирования мы по размерам смежных тел позвонков и межпозвоночных дисков рассчитывали исходные размеры межтеловых промежутков и сегментарный угол, оценивали морфологию и степень нестабильности повреждения. Задачами нашего исследования являлись не только проведение расчетов исходных параметров межтеловых промежутков и сегментарного угла, но и обеспечение контроля за их восстановлением во время проведения аппаратной репозиции. Суть метода заключается в расчете коэффициента увеличения по данным измерения размеров верхней замыкательной пластинки нижележащего от поврежденного позвонка на экране монитора ЭОПа и её размеров при предоперационном планировании. Данный коэффициент использовали при восстановлении межтеловых промежутков и сегментарного угла. При необходимости с помощью репозиционной системы проводится коррекция

размеров межтеловых промежутков и сегментарного угла, а угольником дополнительно контролируется исходное положение поврежденного сегмента позвоночника. Основные элементы в усовершенствованной системе лечения пациентов отражены в таблице 2.

Таблица 2

Усовершенствования в системе лечения пациентов с ПСМТ  
грудного и поясничного отделов

Этапы системы лечения	Усовершенствования
Этап планирования	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Разработка методики предоперационного планирования восстановления исходных размеров межтеловых промежутков и сегментарного угла</li> <li>- Планирование размеров педикулярных винтов</li> <li>- Создание карты разметки с траекториями проведения педикулярных винтов</li> <li>- Разработка компьютерной программы для математических расчетов исходных линейных и угловых параметров при повреждении тела позвонка со смежными дисками</li> </ul>
Этап хирургического лечения	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Разработка навигационного устройства для точного проведения педикулярных винтов</li> <li>- Усовершенствование способа репозиции позвоночника и закрытой декомпрессии содержимого позвоночного канала</li> <li>- Разработка способа интраоперационного контроля за восстановлением рассчитанных размеров межтеловых промежутков и сегментарного угла</li> <li>- Разработка способа открытой декомпрессии содержимого позвоночного канала</li> </ul>

Все это легло в основу алгоритма использования усовершенствованной системы лечения пациентов с ПСМТ грудного и поясничного отделов (рис. 7).

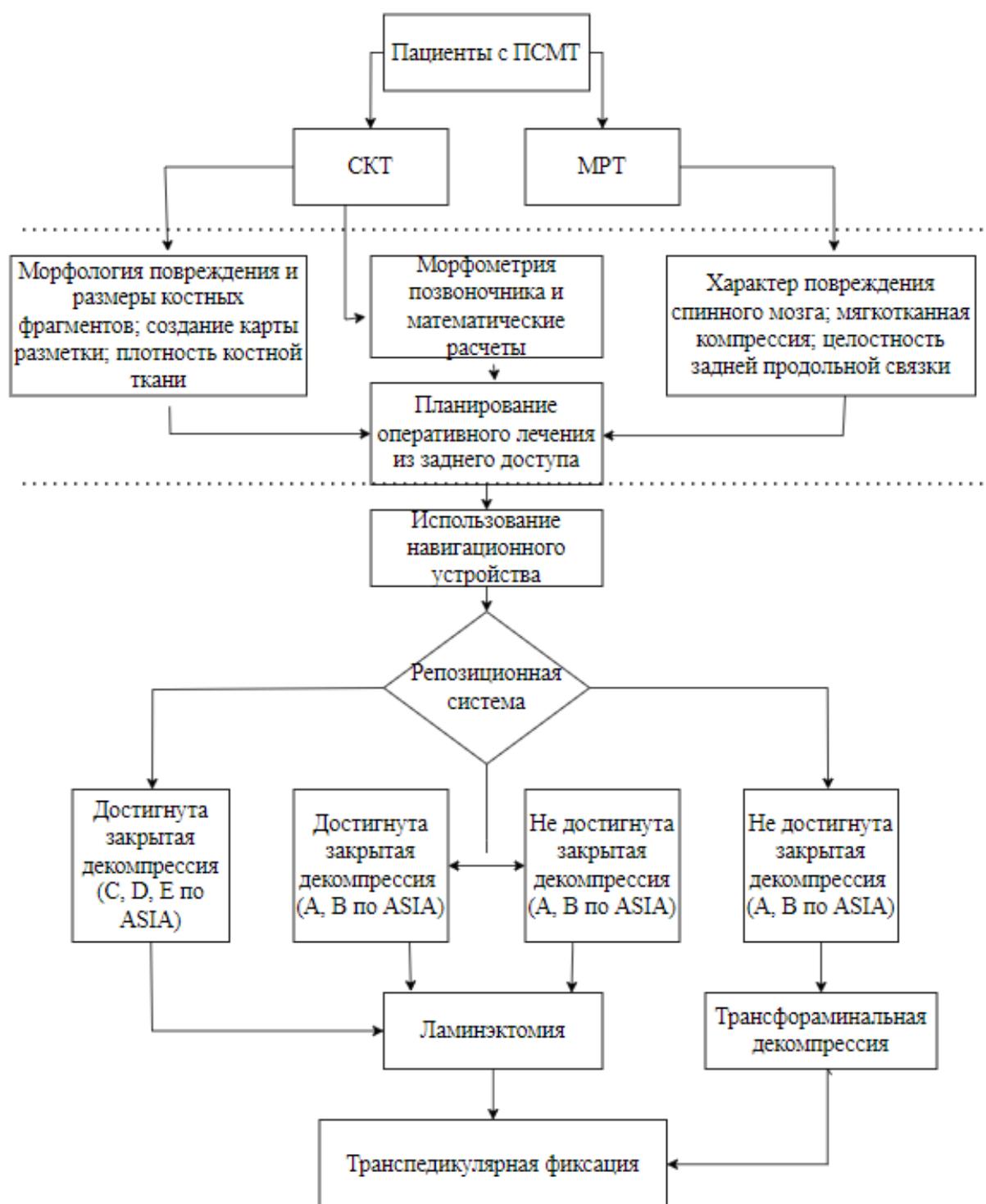


Рисунок 7. Алгоритм усовершенствованной системы лечения пациентов с ПСМТ грудного и поясничного отделов

Решение восьмой задачи было осуществлено в ходе клинического исследования в двух группах пациентов с ПСМТ грудного и поясничного отделов с использованием известной и усовершенствованной систем лечения.

Ближайшие результаты лечения были изучены в сроки до 6 месяцев с момента завершения хирургического лечения. Выраженность болевого синдрома у пациентов основной группы была достоверно ниже по сравнению с контрольной группой ( $p=0,027$ ). Средний балл по ВАШ в основной группе –  $1,8\pm 0,3$ , в контрольной –  $2,5\pm 0,5$ . За счет предложенных методик в основной группе средняя продолжительность операции была на 28 минут меньше и составила  $132,4\pm 11,9$  минут по сравнению с контрольной –  $160,4\pm 12,8$  минут ( $p=0,041$ ). Средний объем интраоперационной кровопотери в основной группе был существенно меньше –  $276,0\pm 21,3$  мл против  $452,1\pm 38,2$  мл ( $p=0,003$ ) в контрольной группе. Эффективность проводимой репозиции оценивали по дистракции межтеловых промежутков и сегментарному углу. Если в основной группе мы старались интраоперационно достичь размеров рассчитанных параметров, то в контрольной группе это делали ретроспективно по дооперационным и контрольным СКТ. На эффективность закрытой декомпрессии содержимого позвоночного канала влияют достигнутые размеры межтеловых промежутков. В основной группе после операции передние размеры межтеловых промежутков (Mta) составили  $98,6\pm 2,1\%$ , а задние (Mtp) –  $99,5\pm 1,1\%$  от рассчитанных размеров. Это способствовало не только улучшению закрытой декомпрессии позвоночного канала, но и максимальному восстановлению вертикальных размеров тела поврежденного позвонка. В основной группе передняя высота тела поврежденного позвонка была восстановлена на  $37,6\%$  – до  $95,2\pm 4,1\%$ , задняя – на  $7,3\%$  до  $98,6\pm 2,2\%$ .

В контрольной группе ретроспективно выяснили, что передняя высота была восстановлена на  $33,6\%$  – до  $91,8\pm 4,2\%$ , а задняя на  $4,8\%$  – до  $96,5\pm 2,8\%$ . Качество проведенной декомпрессии дурального мешка оценивали по величине оставшегося стеноза, используя данные СКТ-

контроля после хирургического лечения. В основной и контрольной группах остаточная дислокация костных фрагментов выявлена на  $2,7\pm 0,3$  и  $3,9\pm 0,4$  мм соответственно. В процессе оперативного лечения сегментарный угол был исправлен в основной группе на  $16,9\pm 2,3$  градуса, а в контрольной группе –  $14,1\pm 2,8$  градуса. Высокая клиническая эффективность усовершенствованного способа репозиционной декомпрессии позвоночного канала при проведении ТПФ с предоперационным планированием подтверждалась тем, что необходимость в выполнении вентрального этапа хирургического лечения была минимальной. Восстановление утраченных неврологических функций в большей степени зависело от исходной тяжести повреждения спинного мозга. Выявили, что заметное влияние на глубину неврологических нарушений оказывает сужение позвоночного канала. Улучшение неврологического статуса в ближайшем периоде на одну степень по ASIA отмечено у 16 (20,5%) больных основной и у 12 (12,6%) пациентов контрольной группы.

Отдаленные результаты лечения изучались в период с 12 месяцев до 20 лет. Оценка отдаленных результатов проводилась по таким же клинорентгенологическим критериям, как и для ближайших результатов. При этом несколько большее внимание уделяли параметрам, характеризующим стабильность фиксации поврежденных ПДС и регресс неврологических нарушений у больных с ПСМТ. Оценка боли по ВАШ показала добавление разницы в баллах между группами в отдаленном периоде наблюдения. Средний балл в основной группе –  $1,3\pm 0,2$ , в контрольной –  $2,3\pm 0,3$  ( $p=0,012$ ). В отдаленном периоде наблюдалось изменение морфометрических параметров в двух группах. Потеря достигнутой коррекции в основной группе составила  $2,1\pm 1,1$  градуса от исправленной на  $16,9\pm 2,3$  градуса на операции, в контрольной группе –  $3,8\pm 1,3$  градуса от исправленной на операции на  $14,1\pm 2,8$  градуса. Достигнутый сегментарный угол отличался в основной группе с рассчитанным углом на  $4,2\pm 0,8$  градуса, в контрольной группе – на  $9,6\pm 0,9$  градуса. Сравнение отдаленных исходов лечения для

оценки боли, экономического и функционального статуса по шкале R.G. Watkins показало, что отличных исходов лечения было получено статистически значимо больше в основной группе – на 59,3% ( $p=0,04$ ) (табл. 3).

Таблица 3

## Отдаленные исходы лечения по шкале R.G. Watkins

Исход лечения	Основная группа (n=54)	Контрольная группа (n=55)	Значение $\chi^2$	Значение $p$
Отличный	32 (59,3%)	22 (40,0%)	4,041	0,04
Хороший	21 (38,9%)	29 (52,7%)	2,104	0,14
Плохой	1 (1,8%)	4 (7,3%)	1,829	0,17

Статистически значимой разницы в показателях качества жизни в отдаленном периоде в основной и контрольной группах по шкале MOS SF-36 мы не выявили.

Усовершенствование транспедикулярных конструкций и технологий их установки за счет лучшего понимания биомеханических характеристик привело к снижению частоты ошибок и осложнений. Отказ от вентрального спондилодеза после транспедикулярной фиксации не увеличил количества переломов металлоконструкции. В основной группе получено статистически меньшее количество осложнений (значение  $\chi^2$  – 4,678, значение  $p$  – 0,030).

У 22 (10,2%) оперированных больных выявлены ошибки или осложнения, связанные с транспедикулярным остеосинтезом: в 9 (4,2%) случаях – переломы металлоконструкции; в 3 (1,3%) – проведение винтов мимо анатомических ориентиров; по 3 (1,3%) случая – прорезание винтов и миграция элементов конструкции; в 3 (1,3%) – воспалительный процесс в глубоких тканях раны; у одного (0,5%) пациента образовался ликворный свищ. Все осложнения стационарного периода были пролечены, что не повлияло на окончательный исход лечения, а только удлинит его сроки. Комплексная система профилактики неудовлетворительных исходов и

оптимизация предоперационного этапа позволят уменьшить количество осложнений и улучшить результаты лечения пациентов.

**В заключении** подведены общие итоги проведенной работы, представлены сведения по решению всех восьми задач диссертационного исследования и кратко обсуждены полученные результаты.

## **ВЫВОДЫ**

1. При анализе компьютерных томограмм неповрежденного грудного и поясничного отделов позвоночника разработана методика предоперационного планирования, позволяющая применять морфометрию для математических расчетов исходных размеров межтеловых промежутков и сегментарного угла с разницей в достоверности фактических и рассчитанных передних размеров межтеловых промежутков всего на  $1,4 \pm 0,4$  мм, задних – на  $1,3 \pm 0,5$  мм, а сегментарного угла – на  $2,5 \pm 0,6^\circ$ .

2. При ретроспективном анализе компьютерных томограмм пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой грудного и поясничного отделов выявлено, что факторами, влияющими на восстановление вертикальных размеров тела поврежденного позвонка, являются давность травмы и величина межтеловых промежутков, а на закрытую декомпрессию содержимого позвоночного канала, дополнительно к вышеуказанным, влияют ширина внутриканального костного фрагмента и сегментарный угол на уровне повреждения.

3. Для математических расчетов исходных линейных и угловых параметров на уровне повреждения у пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой грудного и поясничного отделов разработана компьютерная программа (государственная регистрация программы для ЭВМ №2023668665), которая облегчает расчеты и архивирует полученные данные в до-, интра- и послеоперационном периодах.

4. В ходе стендовых испытаний получены новые данные о жесткости различных продольных штанг в транспедикулярных устройствах, среди них максимальную нагрузку (770 Н) и упругое смещение (12,6 мм) с сохранением своей целостности выдерживают штанги из титана ВТ6 диаметром 7,0 мм, использование которых, по данным математического моделирования, при нестабильных повреждениях поясничного отдела позвоночника позволяет сохранить достигнутую коррекцию деформации и уменьшить риск переломов данных штанг.

5. Разработано и внедрено в клиническую практику навигационное устройство (патент РФ на полезную модель №211140), позволяющее у пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой грудного и поясничного отделов повысить точность установки винтов до 94,2% по классификации Герцбейна – Роббинса, снизить лучевую нагрузку и уменьшить продолжительность операции за счет проведения двух винтов в позвонок при однократном рентгеноконтроле.

6. Усовершенствованный способ репозиции позвоночника транспедикулярным устройством (патент РФ на изобретение №2753133) повышает точность проведения редуционного винта в тело сломанного позвонка и исключает этап перемонтажа системы, а разработанный способ передней декомпрессии спинного мозга при переломах грудных и поясничных позвонков (патент РФ на изобретение №2798042) позволяет устранить сохраняющуюся вентральную компрессию содержимого позвоночного канала в условиях аппаратной репозиции и выполнить межтеловой спондилодез.

7. Разработан алгоритм усовершенствованной системы лечения пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой грудного и поясничного отделов, основанный на компьютерно-математическом моделировании предложенных способов и устройств для декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств, а также методики предоперационного планирования, позволивший в 91,8% случаев выполнить весь объем лечения одним этапом из заднего доступа.

8. Сравнительный анализ лечения профильных пациентов показал, что использование усовершенствованной системы лечения по отношению к известной тактике позволило уменьшить продолжительность операции ( $p=0,041$ ), интенсивность болевого синдрома ( $p=0,012$ ) и количество осложнений ( $p=0,03$ ), а также статистически значимо больше добиться отличных результатов лечения ( $p=0,04$ ) по шкале R.G. Watkins и получить сопоставимые функциональные исходы лечения по шкале MOS SF-36 в двух изучаемых клинических группах.

### **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. При планировании оперативного вмешательства по восстановлению исходных размеров поврежденного тела позвонка со смежными дисками у пациентов с одноуровневыми переломами на грудном и поясничном отделах рекомендуется применять предложенную методику математических расчетов с использованием индивидуальных размеров смежных тел позвонков и межпозвоночных дисков.

2. Для математических расчетов исходного сегментарного угла при одноуровневых переломах в грудном и поясничном отделах позвоночника необходимо использовать передние и задние размеры межтеловых промежутков и размер верхней замыкательной пластинки тела нижележащего от поврежденного позвонка.

3. При оперативном вмешательстве у пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой грудного и поясничного отделов установку редуцированного винта в тело сломанного позвонка целесообразно проводить после выполненной дистракции межтеловых промежутков до рассчитанных величин в соответствии с предложенным методом репозиции позвоночника.

4. При выполнении репозиции позвоночника транспедикулярным устройством у пациентов с одноуровневыми переломами тел позвонков в грудном и поясничном отделах для максимального восстановления

вертикальных размеров тела поврежденного позвонка и закрытой декомпрессии содержимого позвоночного канала рекомендуется использовать индивидуальные рассчитанные размеры межтеловых промежутков и сегментарного угла.

5. Во время оперативного вмешательства у пациентов с одноуровневыми переломами позвоночника в грудном и поясничном отделах при восстановлении размеров межтеловых промежутков необходимо на экране монитора ЭОПа учитывать коэффициент увеличения, который рассчитывается по размерам верхней замыкательной пластинки тела, нижележащего от поврежденного позвонка.

6. Для оценки деформации позвоночника при одноуровневых повреждениях в грудном и поясничном отделах целесообразно использовать сегментарный угол, образованный нижней замыкательной пластинкой тела вышележащего и верхней замыкательной пластинкой тела, нижележащего от поврежденного позвонка, учитывая, что его исходные значения можно рассчитать.

7. Пациентам с нестабильными переломами в поясничном отделе позвоночника для транспедикулярной фиксации целесообразно использовать конструкции из титана ВТ6 диаметром 7,0 мм, исходя из проведенных нами стендовых испытаний.

8. У пациентов с переломами позвоночника в грудном и поясничном отделах типов А3 и А4 по классификации AOSpine при восстановлении во время операции из дорсального доступа рассчитанных вертикальных размеров поврежденного тела позвонка и устранении передней формы сдавления содержимого позвоночного канала в условиях транспедикулярного остеосинтеза межтеловой корпородез из вентрального доступа является необязательным.

**СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. Куфтов В.С., Усиков В.Д., Ершов Н.И. Хирургическое лечение повреждений и заболеваний грудного и поясничного отделов позвоночника по данным МУЗ «Брянская городская больница №1» // Медицинские вести регионов. – 2007. – №1. – С. 44–46.
2. **Ершов Н.И., Усиков В.Д., Куфтов В.С. Хирургическое лечение больных с повреждениями позвоночника и спинного мозга по данным МУЗ «Брянская городская больница №1» // Травматология и ортопедия России. – 2007. – №1 (43). – С. 12–15.**
3. Куфтов В.С., Ершов Н.И. Результаты хирургического лечения позвоночно-спинномозговой травмы грудной и поясничной локализации // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Поленовские чтения» 6-10 апреля 2010 года. – Санкт-Петербург, 2010. – С. 97–98.
4. Куфтов В.С., Ершов Н.И. Позвоночно-спинномозговая травма грудного и поясничного отделов позвоночника. Характеристика клинического материала // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Поленовские чтения» 6-10 апреля 2010 года. – Санкт-Петербург, 2010. – С. 98-99.
5. Куфтов В.С., Ершов Н.И. Транспедикулярный остеосинтез в системе лечения ПСМТ грудного и поясничного отделов позвоночника по данным МУЗ «Брянская городская больница №1» // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Поленовские чтения» 6-10 апреля 2010 года. – Санкт-Петербург, 2010. – С. 167–168.
6. Куфтов В.С., Ершов Н.И. Начальный опыт применения интермиттирующей катетеризации у больных с ПСМТ грудного и поясничного отделов позвоночника // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Поленовские чтения» 6-10 апреля 2010 года. – Санкт-Петербург, 2010. – С. 121.

7. Куфтов В.С., Ершов Н.И. Характеристика повреждений позвоночника и спинного мозга в грудном и поясничном отделах // *Материалы всероссийской научно-практической конференции «Поленовские чтения» 6-10 апреля 2010 года.* – Санкт-Петербург, 2010. – С. 36.
8. Коллеров М.Ю., Усиков В.Д., Куфтов В.С., Гусев Д.Е., Орешко Е.И. Медико-техническое обоснование использования титановых сплавов в имплантируемых конструкциях для стабилизации позвоночника // *Титан.* 2013. – №1. – С. – 33–39.
9. **Усиков В.Д., Куфтов В.С., Ершов Н.И. Тактика хирургического лечения при позвоночно-спинномозговой травме грудного и поясничного отделов позвоночника // *Травматология и ортопедия России.* – 2013. – №3(69). – С. 103–112.**
10. Куфтов В.С., Ершов Н.И. Перелом металлоконструкции как осложнение транспедикулярного остеосинтеза // *Материалы всероссийской научно-практической конференции «Поленовские чтения» 15-18 апреля 2014 года.* – Санкт-Петербург, 2014. – С. 67–68.
11. **Усиков В.Д., Воронцов К.Е., Куфтов В.С., Ершов Н.И. Ближайшие и отдаленные результаты хирургического лечения позвоночно-спинномозговой травмы грудного и поясничного отделов // *Травматология и ортопедия России.* – 2014. – №2(72). – С. 37–44.**
12. Куфтов В.С., Ершов Н.И. Ошибки и осложнения хирургического лечения позвоночно-спинномозговой травмы грудного и поясничного отделов // *Материалы всероссийской научно-практической конференции «Поленовские чтения» 15-17 апреля 2015 года.* – Санкт-Петербург, 2015. – С. 19.
13. Куфтов В.С., Ершов Н.И. Начальный опыт применения полуригидной фиксации при травмах грудно-поясничного отдела позвоночника // *Материалы всероссийской научно-практической конференции «Поленовские чтения» 13-15 апреля 2016 года.* – Санкт-Петербург, 2016. – С. 22–23.

14. Куфтов В.С., Ершов Н.И. Транспедикулярный остеосинтез при нестабильных переломах L1 позвонка. Клинико-рентгенологический анализ результатов лечения // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Поленовские чтения» 19-21 апреля 2017 года. – Санкт-Петербург, 2017. – С. 141.
15. Куфтов В.С., Ершов Н.И. Полуригидная фиксация с использованием нитиноловых балок при травмах груднопоясничного отдела позвоночника // Материалы VIII съезда Межрегиональной ассоциации хирургов-вертебрологов России с международным участием и IV съезда дорожных нейрохирургов, 25-26 мая 2017 года / под ред. В.А. Сороковикова, А.О. Гущи. – Иркутск: ИНЦХТ, 2017. – С. 107–109.
16. **Усиков В.Д., Куфтов В.С., Коллеров М.Ю., Гусев Д.Е., Монашенко Д.Н. Обоснование применения транспедикулярных устройств с балками из нитинола и титановых сплавов при лечении больных с травмой позвоночника // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2018. – №4 (48). – С. 62–79.**
17. Куфтов В.С., Ершов Н.И. Ригидная и полуригидная транспедикулярная фиксация при позвоночно-спинальной травме поясничного отдела // Материалы Всероссийской конференции с международным участием по травматологии, нейрохирургии и нейрореабилитации. – Красноярск, 2019. – С. 19–24.
18. Куфтов В.С., Ершов Н.И. Использование транспедикулярного остеосинтеза при ПСМТ грудного и поясничного отделов. Результаты лечения // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Поленовские чтения» 15-17 апреля 2019 года. – Санкт-Петербург, 2019. – С. 68.
19. Куфтов В.С., Ершов Н.И. Репозиционные возможности транспедикулярного остеосинтеза при ПСМТ грудного и поясничного отделов // Материалы всероссийской научно-практической конференции

“Поленовские чтения” 11-12 ноября 2020 года. – Санкт-Петербург, 2020. – С. 315.

20. **Монашенко Д.Н., Улитин А.Ю., Байневский А.А., Долгушин А.А., Куфтов В.С. Морфометрическое обоснование зон для безопасного введения винтов фиксирующей конструкции при декомпрессивно-стабилизирующих операциях на поясничном отделе позвоночника // Российский нейрохирургический журнал имени А.Л. Поленова. – 2020. – №4. – С. 41-46.**
21. Куфтов В.С., Ершов Н.И. Восстановление размеров тел поврежденных позвонков и деформации позвоночника у больных с ПСМТ грудного и поясничного отделов // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Поленовские чтения» 31 марта – 2 апреля 2021 года. – Санкт-Петербург, 2021. – С. 169.
22. **Усиков В.Д., Куфтов В.С., Монашенко Д.Н., Улитин А.Ю., Долгушин А.А. Осложнения транспедикулярной фиксации у больных с позвоночно-спинномозговой травмой грудного и поясничного отделов и их профилактика // Российский нейрохирургический журнал имени А.Л. Поленова. – 2021. – №2. – С. 50–58.**
23. Куфтов В.С., Ершов Н.И. Переломы металлоконструкции у пациентов, оперированных с позвоночно-спинномозговой травмой грудного и поясничного отделов // Материалы IX всероссийского съезда нейрохирургов 15-18 июня 2021 года. – Москва, 2021. – С. 210–211.
24. Куфтов В.С., Ершов Н.И. Восстановление передних и задних размеров тел позвонков и межтеловых промежутков в зависимости от времени до операции у больных с позвоночно-спинномозговой травмой грудно-поясничного отдела // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Поленовские чтения» 26-28 апреля 2022 года. – Санкт-Петербург, 2022. – С. 183–184.

25. Усиков В.Д., Куфтов В.С., Монашенко Д.Н. Измерение деформации поврежденных сегментов в грудном и поясничном отделах позвоночника по данным спиральной компьютерной томографии для расчета необходимой коррекции // Гений ортопедии. – 2022. – Т. 28, № 3. – С. 400–409.
26. Усиков В.Д., Куфтов В.С., Монашенко Д.Н. Ретроспективный анализ восстановления анатомии поврежденного позвоночно-двигательного сегмента в грудном и поясничном отделах транспедикулярным репозиционным устройством // Хирургия позвоночника. – 2022. – Т. 19, №3. – С. 38–48.
27. Усиков В.Д., Куфтов В.С., Монашенко Д.Н., Долгушин А.А. Математические расчеты по моделированию поврежденного тела позвонка со смежными дисками и сагиттального угла на грудном и поясничном отделах // Российский нейрохирургический журнал имени А.Л. Поленова. – 2022. – №4. – С. 98–110.
28. Усиков В.Д., Куфтов В.С. Эффективность транспедикулярной репозиции интраканальных костных фрагментов при оскольчатых переломах тела L1 позвонка // Гений ортопедии. – 2023. – Т. 29, № 1. – С. 35–42.
29. Куфтов В.С., Ершов Н.И. Использование разработанного навигационного устройства при установке транспедикулярных винтов у больных с ПСМТ грудного и поясничного отделов // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Поленовские чтения» 13-14 апреля 2023 года. – Санкт-Петербург, 2023. – С. 80.
30. Куфтов В.С., Ершов Н.И. Передняя декомпрессия и спондилодез из трансфораминального доступа при ПСМТ поясничного отдела // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Поленовские чтения» 13-14 апреля 2023 года. – Санкт-Петербург, 2023. – С. 81.

31. Куфтов В.С., Ершов Н.И. Предоперационное планирование для выполнения транспедикулярного остеосинтеза и восстановления исходной анатомии поврежденного сегмента позвоночника на грудном и поясничном отделах // Материалы XII съезда Российской ассоциации хирургов-вертебрологов (RASS) «Противоречия в вертебродологии и опыт смежных специальностей» 24-27 мая 2023 года. – Москва, 2023. – С. 95.
32. **Иваненко А.В., Усиков В.Д., Куфтов В.С., Монашенко Д.Н., Улитин А.Ю. Сравнительный анализ выполнения транспедикулярной фиксации у пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой методом «свободной руки» и с помощью оригинального навигационного устройства // Российский нейрохирургический журнал имени А.Л. Поленова. – 2023. – №3. – С. 40–45.**
33. Куфтов В.С., Ершов Н.И. Предоперационное планирование и способ репозиции позвоночника при ПСМТ грудного и поясничного отделов для восстановления его исходной анатомии // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Поленовские чтения» 11-12 апреля 2024 года. – Санкт-Петербург, 2024.– С. 45-46.
34. **Куфтов В.С., Усиков В.Д., Улитин А.Ю., Монашенко Д.Н. Сравнительные результаты хирургического лечения больных с позвоночно-спинномозговой травмой груднопоясничного отдела // Российский нейрохирургический журнал имени А.Л. Поленова. – 2024. – №1. – С. 98–108.**
35. Патент № 2559275 Российская Федерация. Способ остеосинтеза позвоночника при травмах и заболеваниях : № 2014131547/14, заявл. 29.07.2014 : опубл. 10.08.2015 / Д.Н. Монашенко, В.Д. Усиков, В.С. Куфтов, О.Ф. Иванова ; ФГБУ "РНИИТО им. Р.Р. Вредена" Минздрава России. – 5 с.
36. Патент № 2753133 Российская Федерация. Способ репозиции позвоночника при оскольчатых переломах и переломовывихах грудного и поясничного отделов : № 2020135135, заявл. 26.10.2020 :

опубл. 11.08.2021 / В.С. Куфтов, В.Д. Усиков, Д.Н. Монашенко, М.А. Еремеев. – 2 с.

37. Патент на полезную модель №211140 Российская Федерация. Навигационное устройство для введения винтов при транспедикулярной фиксации на грудном и поясничном отделах позвоночника : № 2021133235, заявл. 15.11.2021 : опубл. 23.05.2022 / В.С. Куфтов, В.Д. Усиков, Д.Н. Монашенко, М.А. Еремеев. – 6 с.
38. Патент № 2798042 Российская Федерация. Способ декомпрессии спинного мозга при переломах грудных и поясничных позвонков : № 2022103771 : заявл. 14.02.2022 ; опубл. 14.06.2023 / В.С. Куфтов, В.Д. Усиков, Д.Н. Монашенко, М.А. Еремеев. – 8 с.
39. Куфтов, В.С., Усиков В.Д. Программа для расчёта восстановления исходной анатомии позвоночника: Государственная регистрация программы для ЭВМ №2023668665 // Бюллетень Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем. – 2023. – №9. – С. 1.