

*На правах рукописи*

**ЯКУПОВ РАСУЛЬ РАДИКОВИЧ**

**СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД  
К АРТРОПЛАСТИКЕ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА  
ПРИ ДЕСТРУКТИВНО-ДИСТРОФИЧЕСКИХ ПОРАЖЕНИЯХ**

**14.01.15 – травматология и ортопедия**

**АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора медицинских наук**

**Уфа - 2016**

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Научный консультант:**

доктор медицинских наук, профессор  
Минасов Булат Шамильевич

**Официальные оппоненты:**

**Волошин Виктор Парфентьевич** – доктор медицинских наук, профессор, Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Московской области «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», руководитель отделения травматологии и ортопедии.

**Резник Леонид Борисович** - доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии.

**Волокитина Елена Александровна** - доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, профессор кафедры травматологии и ортопедии факультета повышения квалификации и профессиональной переподготовки.

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова" Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Защита диссертации состоится «\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г. в «\_\_\_» часов на заседании диссертационного совета Д208.006.06 при ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России по адресу: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России. [www.bashgmu.ru](http://www.bashgmu.ru)

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2016г.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
доктор медицинских наук

Валеев М.М

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ.** Деструктивно-дистрофические поражения тазобедренного сустава являются актуальной проблемой в связи с высокой распространенностью данной патологии в структуре заболеваний опорно-двигательной системы, уменьшением функциональных возможностей и значительным негативным влиянием на качество жизни индивидуума, нередко приводящим к инвалидизации (Миронов С.П., 2012; Загородний Н.В., 2014; Тихилов Р.М., 2015). Снижение двигательной активности способствует угнетению не только физического, но и психологического, эмоционального и социального функционирования человека, в том числе его способности вести независимую жизнь. В медицинском смысле понимание данного термина, как правило, связано со здоровьем. Исходя из этого, улучшение качества жизни и состояния здоровья населения является важной задачей современной медицины (Решетников А.В., 2012; Баиндурашвили А.Г., 2014; Хальфин Р.А., 2014; Котельников Г.П., 2015; Очкуренко А.А., 2015; Стародубов В.И., 2015, Еськин Н.А., 2016).

Концепция лечения пациентов с декомпенсированными деструктивно-дистрофическими поражениями тазобедренного сустава в большинстве случаев основана на проведении артропластики, которая в ранние сроки обеспечивает бытовую, социальную и профессиональную реинтеграцию, в том числе при грубых структурно-функциональных нарушениях. Эта технология широко распространена в ортопедической практике, и количество данных операций неуклонно растет. Каждый год в мире проводится более 1,5 млн. эндопротезирований тазобедренного сустава, в США более 500 тысяч оперативных вмешательств, а в России эта цифра составляет около 100 тысяч, хотя в нашей стране потребность в артропластике в 3-4 раза выше (Прохоренко В.М., 2007; Волошин В.П., 2009; Котельников Г.П., 2009; Загородний Н.В., 2012; Миронов С.П., 2012; Тихилов Р.М., 2013; Скороглядов А.В., 2015; Shan L., 2014).

Научные достижения в технологии изготовления эндопротезов обретают одно из важнейших решений – адаптацию искусственного кинематического узла к биологии и биомеханике конкретного человека с учетом антропометрических свойств и анатомических особенностей сегмента, однако еще сохраняется ряд нерешенных задач. Несмотря на значительный прогресс данной технологии, артропластика тазобедренного сустава ограничена определенным диапазоном полезных свойств и сопряжена с устойчивой долей различных осложнений, которые варьируют от 7,0 до 26,3%. Ежегодно увеличивается количество ревизионных эндопротезирований, составляющих от 1,1 до 21,6%. Чаще всего необходимость в проведении ревизии возникает вследствие асептической нестабильности имплантата (36,2 – 75,4%), инфекционных осложнений (29,3 - 49,1%) и рецидивирующего вывиха эндопротеза (1,2 – 10,3%). В связи с этим данная проблема требует решения

задач по уменьшению частоты неблагоприятных исходов и увеличению выживаемости эндопротезов тазобедренного сустава. Авторитетными специалистами выделяются несколько основных факторов, влияющих на исходы эндопротезирования, которые требуют углубленного изучения: состояние пациента, выраженность структурно-функциональных нарушений пораженного тазобедренного сустава и опорно-двигательной системы в целом, состояние соединительной ткани, ориентация компонентов эндопротеза, особенности взаимодействия в системе кость-имплантат и трибологических пар в кинематическом узле эндопротеза (Волокитина Е.А., 2009; Минасов Б.Ш., 2009; Неверов В.А., 2011; Ахтямов И.Ф., 2012; Резник Л.Б., 2012; Волошин В.П., 2013; Загородний Н.В., 2013; Прохоренко В.М., 2013; Норкин И.А., 2014; Скороглядов А.В., 2014; Тихилов Р.М., 2014; Knahr K., 2011; Berend K. R., 2013; Lindeque B., 2014; Dy C.J., 2014; Hu D., 2015; Yoon B.H., 2015).

Исследование отдельных аспектов не позволяет сформировать полную и объективную картину, что диктует необходимость системного анализа всех основных факторов. Исходя из вышеизложенного, повышение эффективности лечения пациентов с декомпенсированными деструктивно-дистрофическими поражениями тазобедренного сустава по технологии артропластики возможно на основе системного подхода к проблеме и имеет важное научное и прикладное значение.

#### **Цель исследования.**

Улучшить результаты артропластики при декомпенсированных деструктивно-дистрофических поражениях тазобедренного сустава на основе системной оценки состояния пациента и интегральных характеристик соединительной ткани во взаимодействии макроорганизма и имплантата.

#### **Задачи исследования.**

1. Провести научный анализ периоперационного состояния пациентов с декомпенсированными деструктивно-дистрофическими поражениями тазобедренного сустава на основе исходной и конечной оценок функционального состояния по шкале Харриса, двигательной активности, уровня боли и качества жизни.
2. Систематизировать осложнения хирургического лечения пациентов с декомпенсированными деструктивно-дистрофическими поражениями тазобедренного сустава по технологии артропластики, изучить их структуру и причины развития.
3. Провести сравнительное исследование параметров клинико-лучевого мониторинга состояния опорно-двигательной системы пациентов с деструктивно-дистрофическими поражениями тазобедренного сустава и особенностей стрессового ремоделирования соединительной ткани после артропластики.
4. Провести сравнительный анализ кинематического баланса пациентов с деструктивно-дистрофическими поражениями тазобедренного сустава в зависимости

от степени эффективности саногенетических реакций по показателям функциональной активности, выносливости и биометрии фаз опоры и ходьбы.

5. Изучить макро- и микроструктуру тазобедренного сустава на основе клинического исследования и экспериментального моделирования остеоартроза и остеопороза при системных и локальных изменениях соединительной ткани и оценки адгезионных характеристик трибосопряжения пораженного сустава.

6. Провести расчет распределения напряжений в перипротезной зоне вертлужной впадины и проксимального отдела бедра при наличии дефектов костной ткани после редуционно-реконструктивных вмешательств и последствий переломов с использованием конечного элементного моделирования.

7. Изучить постимплантационные изменения компонентов эндопротезов с использованием оптико-структурного исследования и лазерной 3D-микроскопии. Провести анализ адгезионного взаимодействия различных пар трения эндопротезов тазобедренного сустава.

8. Разработать и изучить эффективность предоперационного проектирования артропластики тазобедренного сустава на основе использования автоматизированной программы, объемного моделирования, аддитивных технологий с оценкой опорных зон и структурно-функционального состояния тазового пояса.

9. Провести анализ амплитудно-частотных характеристик звуковых и ультразвуковых колебаний при установке эндопротеза и определить акустические параметры оптимального позиционирования компонентов имплантата.

10. Проанализировать значимость наиболее важных критериев оценки пациента и разработать программу интегральной оценки фазового состояния соединительной ткани при деструктивно-дистрофических поражениях тазобедренного сустава на основе факторного анализа.

11. Разработать программу периоперационной реабилитации и лечения пациентов с декомпенсированными поражениями тазобедренного сустава.

12. Проанализировать эффективность предложенной концепции лечения пациентов с деструктивно-дистрофическими поражениями тазобедренного сустава по технологии артропластики на основе системного подхода. Разработать способ прогнозирования исходов артропластики с помощью многофакторного нелинейного регрессионного анализа, клинические рекомендации и внедрить в практику ортопедотравматологических и реабилитационных отделений.

**Научная новизна.** Впервые предложена гипотеза оценки состояния пациента по фазовому состоянию соединительной ткани при декомпенсированных деструктивно-дистрофических поражениях тазобедренного сустава на тканевом, органном и организменном уровнях на основе анализа гистроструктуры, лучевого мониторинга, кинематического баланса, двигательной активности, функциональных возможностей, качества жизни и выраженности болевого синдрома пациентов с интегративным обоснованием фазового портрета.

Исследованы и определены особенности патогенеза деструктивно-дистрофических поражений на основе изучения гистоструктуры, гистоморфометрии, профиля рельефа поверхности головки бедра и адгезионных характеристик трибосопряжения пораженного сустава.

Впервые изучены изменения концентраций напряжений в перипротезной зоне при наличии дефектов костной ткани после редуционно-реконструктивных вмешательств на проксимальном отделе бедра и последствий переломов вертлужной впадины на основе конечного элементного моделирования.

Проведен сравнительный анализ постимплантационных изменений эндопротезов на основе оптико-структурного исследования, определены закономерности и характерные признаки их износа в зависимости от вида материала при эксплуатации кинематического узла в естественных условиях.

Исследованы адгезионные взаимодействия различных пар трения эндопротезов и проведен их сравнительный анализ.

Разработано предоперационное проектирование артропластики тазобедренного сустава на основе комплексного использования автоматизированной программы, объемного моделирования, аддитивных технологий с оценкой опорных зон и структурно-функционального состояния тазового пояса.

Впервые предложены и научно обоснованы способы интраоперационного определения оптимальности установки компонентов эндопротеза с помощью амплитудно-частотного анализа звуковых и ультразвуковых колебаний.

Впервые разработан способ интегральной оценки состояния соединительной ткани на основе факторного анализа с определением фазового портрета.

Разработан способ прогнозирования исходов артропластики при деструктивно-дистрофических поражениях тазобедренного сустава с помощью многофакторного нелинейного регрессионного анализа

Разработана программа периоперационной реабилитации и лечения пациентов с декомпенсированными деструктивно-дистрофическими поражениями тазобедренного сустава на основе оценки фазового состояния соединительной ткани.

#### **Патенты и заявки на изобретения.**

1. Патент 2387382 Российская Федерация. Способ определения прочности системы кость-имплантат-кость в условиях стандартного остеосинтеза при переломах проксимального отдела бедра / Минасов Б.Ш., Якупов Р.Р., Минасов Т.Б., Косумов И.Э.; заявитель и патентообладатель ГБОУ ВПО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава РФ; опубл. 27.04.2010.

2. Способ определения тактики лечения переломов шейки бедра на основе оценки кровообращения проксимального отдела бедренной кости с применением селективной ангиографии / Минасов Б.Ш., Якупов Р.Р., Билялов А.Р. и др. // №2015125535/20 (039727); заявл. 02.11.15.

3. Способ определения оптимальности импакции вертлужного компонента эндопротеза / Минасов Б.Ш., Якупов Р.Р., Минасов Т.Б. и др. // №2015136926/20 (056509); заявл. 31.08.15.
4. Способ интраоперационного определения размера бедренного компонента эндопротеза по акустическим характеристикам / Минасов Б.Ш., Якупов Р.Р., Минасов Т.Б. и др. // №2015136930/20(056513); заявл. 31.08.15.
5. Способ предоперационного проектирования и преформации бедренного компонента спейсера при ревизионной артропластике тазобедренного сустава / Минасов Б.Ш., Якупов Р.Р., Смирнов В.В. и др. // №2015136924/20 (056507); заявл. 31.08.2015.
6. Способ предоперационного проектирования артропластики тазобедренного сустава при дефектах и деформациях проксимального отдела бедра / Минасов Б.Ш., Якупов Р.Р., Хаиров Т.Э. и др. // №2015136923/20(056506); заявл. 31.08.15.
7. Способ предоперационного проектирования и преформации бедренного компонента спейсера с антибиотиком при посттравматических инфекционных поражениях тазобедренного сустава / Минасов Б.Ш., Якупов Р.Р., Смирнов В.В. и др. // №2015136932/20 (056515); заявл. 31.08.15.
8. Способ диагностики нестабильности эндопротеза тазобедренного сустава / Минасов Б.Ш., Якупов Р.Р., Хаиров Т.Э. и др. // №2015152061/20 (080245); заявл. 04.12.15.
9. Способ прогнозирования послеоперационных асептических осложнений при эндопротезировании пациентов старше 50 лет с деструктивно-дистрофическими поражениями тазобедренного сустава / Гафаров И.Р., Якупов Р.Р., Трубин А.Р. // №2015153499 (082480); заявл. 14.12.15.
10. Способ оценки фазового состояния соединительной ткани при деструктивно-дистрофических поражениях крупных суставов / Минасов Б.Ш., Якупов Р.Р., Каримов Р.Р. и др. // №2016104454; заявл. 11.02.16.
11. Способ позиционирования вертлужного компонента при артропластике тазобедренного сустава / Минасов Б.Ш., Якупов Р.Р., Хаиров Т.Э. и др. // №2016122244 (034855); заявл. 06.06.2016.

**Теоретическая и практическая значимость.** Системная оценка фазового портрета соединительной ткани на основе определения стартового кинематического баланса, ортопедического статуса, уровня боли, данных лучевых методов исследования позволяет объективно оценить и мониторировать состояние пациентов при деструктивно-дистрофических поражениях тазобедренного сустава.

Понимание особенностей адгезионного взаимодействия различных пар трения эндопротезов с учетом фазового состояния соединительной ткани позволяет сделать обоснованный выбор трибологической пары и способствует снижению риска асептической нестабильности и увеличению срока службы эндопротеза.

Разработанная технология предоперационного проектирования с использованием автоматизированной программы, объемного моделирования, аддитивных технологий и оценкой плотности костной ткани опорных зон обеспечивает высокую точность определения размера и оптимального положения эндопротеза с учетом особенностей стартовой биомеханики сегментов тазового пояса.

Анализ амплитудно-частотных характеристик звуковых колебаний при установке вертлужного и бедренного компонентов бесцементного эндопротеза тазобедренного сустава обеспечивает интраоперационное определение степени плотности контакта имплантата и костной ткани и предупреждение развития переломов во время хирургического вмешательства.

Разработанный алгоритм диагностики, лечения и периоперационной реабилитации лиц с деструктивно-дистрофическими поражениями тазобедренного сустава по технологии артропластики в зависимости от фазового портрета соединительной ткани позволяет улучшить результаты лечения, обеспечивает бытовую и социальную реинтеграцию.

**Методический подход к научному исследованию.** Научное исследование проводилось на основе единой доктрины системной оценки фазового состояния соединительной ткани на тканевом, органном и организменном уровнях, изучения адгезионных свойств и постимплантационных изменений эндопротезов, исследования взаимодействия макроорганизма и имплантата при воздействии лечебного хирургического фактора. Системный подход включал в себя интегральную оценку нарушений макро- и микроструктуры на основе исследования уровня боли, двигательной активности, функциональных возможностей и качества жизни с изучением данных шкал, опросников, клинико-лучевого мониторинга, кинематического баланса пациента и гистоморфометрии.

Выдвинута научная гипотеза зависимости результатов артропластики от состояния пациента, его кинематического баланса, структурно-функциональных стереотипов, прочностных характеристик опорных тканей, адгезионных свойств трибологических пар эндопротезов и особенностей взаимодействия системы макроорганизм–имплантат, что оказывает влияние на исходы при декомпенсированных поражениях ТБС.

#### **Положения, выносимые на защиту.**

1. Деструктивно-дистрофические поражения тазобедренного сустава запускают ключевой механизм патогенеза – нарушение адгезионного взаимодействия поверхностей хрящевых мембран, что приводит к неуклонному развитию локальной гиперпрессии в контактных участках трибосопряжения, увеличению коэффициента трения, повышенному износу кинематических структур, последующим вторичным изменениям сложной забарьерной структуры – синовиальной среды сустава ключевого узла скелета (синовит, бурсит, миофиброз, образование кист).

Эндопротезирование не обеспечивает полного восстановления адгезионных свойств, соответствующих интактному суставу, а биомеханические запросы ограничены моноциклическим режимом функционирования искусственного кинематического узла.

2. Клиническая манифестация деструктивно-дистрофических поражений тазобедренного сустава носит универсальный характер, сопровождаясь тяжелыми пороками опоры и движения, уменьшением двигательной активности, нарушениями кинематического баланса, снижением качества жизни и усилением болевой ирритации, что детерминирует угнетение адаптационных реакций, патологические структурные изменения соединительной ткани на локальном и системном уровнях.

3. Реконструкция тазобедренного сустава по технологии артропластики создает новые структурно-функциональные стереотипы с измененной биомеханической палитрой тазового пояса и опорно-двигательной системы в целом, что сопровождается стрессовым ремоделированием с адаптацией имплантата к опорным точкам костной ткани с последующим склерозом и перераспределением силовых векторов, гармонизация которых исключает точечные зоны гиперпрессии и пороки остеоинтеграции. Неадекватный дизайн векторов напряжения, обусловленный патологическими изменениями костной и мышечной тканей пораженной конечности, ограниченным диапазоном полезных свойств эндопротеза, закономерно сопряжен с увеличением частоты осложнений.

4. Функционирование искусственного кинематического узла после проведения артропластики во многом определяется трибологическими взаимодействиями деталей эндопротеза и окружающих тканей. Знание диапазона эксплуатационных качеств подвижных узлов имплантата позволяет сделать обоснованный выбор технологии артропластики на основе изучения адгезионных взаимодействий фрикционных пар, что может быть одним из ключевых факторов увеличения сроков выживаемости имплантата.

5. Хирургическое лечение деструктивно-дистрофических поражений тазобедренного сустава с использованием предоперационного проектирования артропластики на основе автоматизированной программы, 3D-реконструкции с оценкой состояния тазового пояса, опорных зон и интраоперационного анализа акустической эмиссии вертлужного и бедренного компонентов оптимизирует позиционирование имплантата с учетом особенностей состояния костной ткани, наличия деформации сегмента и дизайна эндопротеза.

6. Лечебные подходы у пациентов с патологией тазобедренного сустава по технологии артропластики должны формироваться с учетом фазового состояния соединительной ткани на тканевом, органном, организменном уровнях, адгезионных характеристик кинематических узлов эндопротеза и особенностей взаимодействия макроорганизм–имплантат. Программная реабилитация пациентов с

деструктивно-дистрофическими поражениями тазобедренного сустава при лечении по технологии артропластики должна проводиться с оценкой исходного фазового портрета пациента и мониторироваться с учетом реабилитационных ожиданий и экспертизы исходов с определением бытовой, социальной и профессиональной реинтеграции.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Достоверность результатов диссертационного исследования подтверждается достаточным количеством наблюдений, современными методами исследования, соответствующим поставленной цели и задачам. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, подкреплены убедительными данными, наглядно представленными в таблицах и рисунках. Статистический анализ и интерпретация результатов проведены с помощью современных методов.

Основные положения и результаты диссертационного исследования были доложены и обсуждены: на I Евразийском конгрессе травматологов-ортопедов (Кыргызская Республика, 11-12 июня 2009 г.); на II съезде травматологов-ортопедов Республики Казахстан «Современные технологии диагностики, лечения и реабилитации в травматологии и ортопедии» (Республика Казахстан, 3-4 сентября 2009 г.); на Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Профессиональные интоксикации: гигиенические, клинические и экспериментальные исследования» (Ангарск, 23-25 июня 2009 г.); на республиканских съездах Ассоциации травматологов, ортопедов и протезистов Республики Башкортостан (Уфа, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 гг.); на международной научно-практической конференции «Повышение качества жизни пациентов – тренд современной медицины» (Стерлитамак, 21-23 ноября 2013 г.); на международной научно-образовательной конференции «Модернизация помощи больным с тяжелой сочетанной травмой» (Москва, 7-8 ноября 2013 г.); на IV Евразийском конгрессе травматологов и ортопедов «Актуальные вопросы травматологии и ортопедии» (Кыргызская Республика, 27-30 августа 2014 г.); на Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современная травматология, ортопедия и хирургия катастроф» (Москва, 14-15 мая 2015 г.); на научно-практической конференции с международным участием «Илизаровские чтения» (Курган, 10-11 июня 2015 г.), на межрегиональной научно-практической конференции «Актуальное в современной травматологии и ортопедии» (Самара, 26 ноября 2015 г.); на Республиканской научно-практической конференции «Актуальные вопросы травматологии, нейротравматологии и ортопедии» Министерства здравоохранения Республики Татарстан (Казань, 4 декабря 2015 г.); на III конгрессе Ассоциации травматологов-ортопедов Москвы с международным участием (5-6 февраля 2016 г.); на научно-практической конференции «Актуальные проблемы травматологии и ортопедии» (Республика Узбекистан, Бухара, 3-4 июня 2016 г.); на международной конференции травматологов-ортопедов «Актуальные вопросы

хирургии крупных суставов. Взгляд в будущее» (Нижний Новгород, 9-10 июня 2016 г.).

**Публикации.** По теме диссертации опубликованы 44 научные работы, из них 26 в журналах, рекомендованных ВАК и 8 в зарубежных источниках, издано 3 учебных пособия, 2 методические рекомендации.

**Внедрение результатов исследования в практику.** Разработанные методы современного хирургического лечения пациентов с деструктивно-дистрофическими поражениями тазобедренного сустава по технологии артропластики внедрены в практику ортопедо-травматологических отделений Государственных бюджетных учреждений здравоохранения Республики Башкортостан ГKB №13, ГKB №21, Больница скорой медицинской помощи, Республиканский клинический госпиталь ветеранов войн г. Уфы. Представленные материалы внедрены в учебный процесс кафедры травматологии и ортопедии с курсом Института дополнительного профессионального образования Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, используются в программе обучения студентов, интернов, ординаторов, аспирантов и врачей-специалистов.

**Личный вклад автора.** Диссертация является результатом самостоятельной работы автора по анализу литературных данных с последующим формулированием актуальности, цели и задач исследования. Автором лично осуществлен сбор всего первичного материала, проведение экспериментальных и клинических исследований, участие в хирургическом и восстановительном лечении большинства пациентов (более 85%). Статистическая обработка, обобщение и анализ полученных результатов клинических и экспериментальных исследований полностью (100%) выполнены автором самостоятельно.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация изложена на 352 страницах машинописного текста, состоит из введения, 10 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка литературы, состоящего из 358 источников (147 отечественных и 211 иностранных публикаций) и 2 приложений. Работа иллюстрирована 177 рисунками, 64 таблицами и 5 клиническими примерами.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Материал и методы исследования подбирались в соответствии с методическим подходом на основе оценки состояния соединительной ткани на тканевом, органном и организменном уровнях при лечении декомпенсированных деструктивно-дистрофических поражений тазобедренного сустава (ТБС) по технологии артропластики. В работе представлены результаты диагностики и хирургического лечения по технологии артропластики 710 пациентов с декомпенсированными деструктивно-дистрофическими поражениями ТБС. В основную группу вошли 304

пациента, которым проводились комплексная диагностика и лечение деструктивно-дистрофических поражений ТБС по технологии артропластики на основе системного подхода с интегративной оценкой фазового состояния соединительной ткани. В контрольной группе было 406 пациентов, которым проводились общепринятая диагностика и лечение. Обе группы были сопоставимы по полу, возрасту и тяжести поражения ТБС. Средний возраст среди всех исследуемых пациентов был равен 54,3 годам на момент проведения артропластики, женщины составили 61,97%. Каждая группа пациентов была распределена по нозологическим формам на 3 подгруппы: первичный остеоартроз (ОА), идиопатический асептический некроз головки бедра (АНГБ) и посттравматические поражения ТБС после переломов вертлужной впадины и редукционно-реконструктивных вмешательств на проксимальном отделе бедра (ПТП) (таблица 1).

Таблица 1 — Распределение исследуемых пациентов по группам

Под-группа	Нозологическая форма, классификационный код МКБ-10	Основная, n=304	Контрольная, n=406
1-я ОА	Первичный остеоартроз ТБС 3-4 ст. M16.0. Первичный коксартроз двусторонний M16.1. Другой первичный коксартроз	n=179	n=249
2-я АНГБ	Асептический некроз головки бедра M87.0 Идиопатический асептический некроз кости	n=73	n=98
3-я ПТП	Посттравматические поражения ТБС (всего) M16.5. Другие посттравматические коксартрозы M84.1 Несрастание перелома (псевдоартроз) M87.2 Остеонекроз, обусловленный перенесенной травмой	n=52: n=14  n=21 n=17	n=59: n=17  n=23 n=19

Выбор данных нозологических форм для исследования обусловлен высокой распространенностью среди декомпенсированных поражений ТБС, сопоставимыми клиническими проявлениями патологии и едиными критериями оценки. Во всех случаях наблюдался типичный патогенез развития декомпенсации с однотипной стадийностью и универсальными саногенетическими реакциями.

У всех пациентов проводилось унифицированное лечение по технологии артропластики. Имеющиеся отличия между подгруппами были важны для изучения взаимодействия разных моделей макроорганизма с искусственным суставом с точки зрения изменений адаптационных реакций на локальном и системном уровнях. Результаты оценивались в дооперационном периоде с момента включения пациента в исследование и через 3, 6 месяцев, 1-5 лет после артропластики ТБС.

Клиническая часть исследования состояла из двух хронологически последовательных этапов. На 1-ом этапе были изучены исходы артропластики у 122 пациентов, которые вошли в контрольную группу. На 2-ом этапе проведено изучение исходов эндопротезирования у 304 пациентов основной группы и дополнительно 184 пациентов контрольной группы (таблица 2).

Таблица 2 — Клиническая часть исследования

Объекты исследования: пациенты с декомпенсированными деструктивно-дистрофическими поражениями ТБС, n=710	
Основная группа, n=304 1) ОА, n=179 2) АНГБ, n=73 3) ПТП, n=52	Контрольная группа, n=406 1) ОА, n=249 2) АНГБ, n=98 3) ПТП, n=59
Системный подход к диагностике, лечению и реабилитации пациентов	Традиционный подход к диагностике, лечению и реабилитации пациентов
Методы исследования: 1) оценка уровня боли, функционального состояния, двигательной активности, качества жизни пациентов; 2) лучевой мониторинг; 3) оценка кинематического баланса; 4) оценка макро- и микроструктуры ТБС	

Экспериментальная часть была основана на изучении костной ткани лабораторных животных с моделью системного остеопороза, адгезионных характеристик ТБС животных с моделью посттравматического ОА, исследования имплантатов после эксплуатации в условиях организма и интактных эндопротезов (таблица 3).

Таблица 3 — Экспериментальная часть исследования

Объекты исследования	Методы исследования
Лабораторные животные (крысы) с моделью системного остеопороза, n=50	Оценка состояния костной ткани (гистоморфометрия, микротвердость, лабораторные показатели)
Лабораторные животные (кролики) с моделью посттравматического ОА, n=9	Оценка адгезионных свойств ТБС
Эндопротезы ТБС после эксплуатации в естественных условиях, n=12	Постимплантационные изменения поверхности эндопротезов ТБС
Нативные компоненты 10 трибологических пар эндопротезов ТБС, n=30	Оценка адгезионного взаимодействия кинематических узлов, микротвердости

Для определения фазового портрета пациентов с поражениями ТБС проводилось сопоставление с группой сравнения, состоящей из здоровых лиц, представленных 37 добровольцами сопоставимого возраста и пола, без жалоб на дискомфорт, боли в области нижних конечностей, таза, без признаков патологических изменений исследуемых сегментов, профессионально работавших в сферах без перегрузки опорно-двигательной системы (группа сравнения).

### **Клинические и экспериментальные методы исследования**

1. Обследование пациентов включало в себя оценку ортопедического статуса, функционального состояния по шкале Харриса, двигательной активности с помощью шагомера по количеству шагов за сутки, интенсивности боли по визуальной аналоговой шкале (ВАШ), качества жизни пациентов по шкале SF-36 (RAND 36-Item Short Form Health Survey) с определением 8 параметров: физическое функционирование, ролевое физическое функционирование, шкала боли, общее состояние здоровья, шкала жизнеспособности, шкала социального функционирования, ролевое эмоциональное функционирование, психологическое здоровье.

2. Оценка структурно-функционального состояния соединительной ткани проводилась на основе рентгенографии, компьютерной томографии (КТ), магнитно-резонансной томографии, двухэнергетической остеоденситометрии (DEXA), остеосцинтиграфии, позитронно-эмиссионной томографии, рентгенокинематографии, ультразвуковой доплерографии сосудов.

3. Кинематический баланс пациентов с деструктивно-дистрофическими поражениями ТБС оценивался на основе биометрии фаз опоры и ходьбы с использованием стабилотрии, статической и динамической подографии, оптической топографии, гониометрии и электромиографии.

4. Оценка соединительной ткани на тканевом уровне выполнялась на основе изучения гистоструктуры тканей ТБС: проведено исследование эпифиза, метафиза бедра и мягких тканей, удаленных во время проведения артропластики.

5. Предоперационное проектирование артропластики проводилось с помощью объемного моделирования ТБС, аддитивных технологий на основе быстрого прототипирования по технологии прецизионной стереолитографии и 3D-печати.

6. Расчет распределения векторов напряжения проводили с использованием программного комплекса конечного элементного моделирования программы Simulia Abaqus.

7. Интегральная оценка фазового состояния соединительной ткани при декомпенсированных деструктивно-дистрофических поражениях ТБС проводилась на основе факторного анализа данных с использованием оригинальной компьютерной программы на базе Java IDE NetBeans 8.0.2 For Windows.

8. Акустический анализ при установке компонентов эндопротеза проводили с помощью многофункционального спектроанализатора Spectrogram 16. Изучение ультразвукового спектра выполняли синхронно с записью усилия регистрация сигналов акустической эмиссии (АЭ) на программно-аппаратным комплексом «Micro-II» при установке феморального компонента в бедренную кость биоманекена. На одном из этапов эксперимента установку бедренного компонента эндопротеза проводили с помощью электромеханической испытательной машины Instron 5982 с постоянной скоростью 5 мм/мин.

9. Оценка микроструктуры соединительной ткани выполнялась в эксперименте на крысах с моделью стероидного остеопороза, с проведением лабораторной диагностики и гистологического исследования. Изучалась микроструктура проксимального отдела и диафиза бедра, грудного отдела позвоночника.

10. Оценка адгезионных взаимодействий в интактном и пораженном ТБС проводилась в эксперименте на лабораторных животных с моделью посттравматического ОА ТБС. Исследования выполнялись на модернизированной четырехшариковой машине трения (ЧМТ-1) ГОСТ 9490-75 при ступенчатом изменении осевой нагрузки в диапазоне от 60 до 100 Н для суставов кролика.

11. Оценка трибологических характеристик различных пар трения эндопротезов ТБС проводилась на одношариковом адгезиометре ГОСТ 16429-70 и модернизированной ЧМТ-1 ГОСТ 9490-75 при ступенчатом изменении осевой нагрузки  $P$  от 500 до 10000 Н на узел трения. Вычислялись:  $p_r$  - давление на фрикционном контакте,  $\tau_n$  - прочность адгезионных связей на срез, и  $f_m$ , характеризующая молекулярную (адгезионную) составляющую коэффициента трения.

12. Деформационный рельеф поверхности и постимплантационные изменения компонентов эндопротезов изучались на основе оптико-структурного анализа имплантатов: 2D и 3D микроскопия, измерение размеров, изучение микротвердости головок и вкладышей эндопротезов ТБС. Исследование выполняли на различных уровнях: «макро» - панорама ( $k=2 \times 2$ ) с объективом «05х»; «мезо» - объективы «05х» и «10х», т.е. разрешение по «ХУ» > 1 мкм (2...4 мкм); «микро» - объективы «20х» и «50х», т.е. разрешение по «ХУ» < 1 мкм (0,4...1 мкм); «нано» - 100х – (разрешение ХУ ~ 200 нм). Проводилась оценка параметров рельефа с определением  $RS_a$  – среднее арифметическое отклонение профиля рельефа от средней плоскости ХУ.

Статистическая обработка данных выполнялась с помощью методов медико-биологической статистики с использованием программного пакета Statistica 6,0. Для количественных показателей вычисляли среднее, среднеквадратическое отклонение, медиану, нижний, верхний квартили, минимум, максимум, размах. Для выбора критериев сравнения групп выполнялась проверка нормальности распределения с использованием критерия Колмогорова-Смирнова.

Представленный объем клинического материала и методов исследования позволил провести научный анализ и решить поставленные задачи с определением эффективности хирургического лечения по технологии артропластики пациентов с декомпенсированными деструктивно-дистрофическими поражениями ТБС с оценкой фазового состояния соединительной ткани на основе системного подхода.

### **Результаты исследования**

Анализ результатов первого этапа клинического исследования, в котором были изучены исходы через 5 лет после артропластики ТБС у 122 пациентов, выявил различия в зависимости от нозологической формы поражения ТБС. Минимальное количество осложнений, быстрое восстановление функциональных возможностей, двигательной активности, качества жизни и низкий уровень боли были отмечены у лиц с АНГБ. Высокая доля неудовлетворительных исходов, сохранение боли, функциональных нарушений были сопряжены с артропластикой у пациентов с ПТП. Данное различие результатов между подгруппами, по-видимому, связано с состоянием макроорганизма и степенью декомпенсации гомеостаза. При этом, несмотря на субъективную позитивную оценку оперированных пациентов, у них отмечалось ограничение функциональных возможностей и двигательной активности, что свидетельствует о наличии пределов диапазона по-

лезных свойств хирургической технологии. В связи с этим назрела необходимость разработки концепции диагностики и лечения пациентов с декомпенсированными деструктивно-дистрофическими поражениями ТБС на основе системного подхода. Для выполнения данных задач требуется оценка состояния пациента на локальном и системном уровнях с изучением данных клинико-лучевого мониторинга, кинематического баланса, макро- и микроструктуры пораженного ТБС, адгезионных характеристик искусственного кинематического узла, с разработкой способов усовершенствования позиционирования эндопротеза, оптимизации реабилитации и исследования особенностей взаимодействия макроорганизма и имплантата.

Второй этап клинического исследования включал обследование 304 пациентов основной группы и дополнительно 184 пациентов контрольной группы (с учетом 1-го этапа в контрольной группе – 406 человек), установил наличие исходных локальных нарушений в виде ограничения амплитуды движений, укорочения пораженной конечности, интенсивного болевого синдрома в области ТБС и смежных сегментов, атрофии мышц и наличия отеков, которые детерминировали системные изменения: уменьшение двигательной активности, ухудшение функционального состояния и качества жизни, наиболее выраженные у лиц с ПТП. Однако большинство исследуемых параметров имели сложную и вариабельную картину, обусловленную индивидуальными особенностями клинической манифестации. Для объективной оценки требовалось проведение лучевого мониторинга, биомеханической оценки кинематического баланса, изучение макро- и микроструктуры ТБС.

Лучевые методы исследования позволили с высокой степенью точности выявить изменения в сегментах тазового пояса и опорно-двигательной системы в целом. Отмечалось снижение плотности костной ткани по шкале Хаунсфилда в области вертлужной впадины (диапазон от  $95,55 \pm 19,47$  до  $156,31 \pm 27,92$  НУ), проксимального отдела бедра (от  $1091,38 \pm 126,63$  до  $1417,7 \pm 118,02$  НУ) по сравнению с контралатеральной стороной во всех подгруппах (в области вертлужной впадины от  $174,48 \pm 22,85$  до  $179,74 \pm 21,43$  НУ; в области проксимального отдела бедра от  $1325,26 \pm 163,4$  до  $1478,2 \pm 132,91$  НУ), статистически значимое у пациентов с ПТП. При этом самые высокие показатели плотности костной ткани были у пациентов с АНГБ, а самые низкие у лиц с ПТП.

Анализ минеральной плотности костной ткани (МПКТ) по Т-критерию выявил различную картину в зависимости от нозологических форм. Уменьшение МПКТ отмечалось не только в пораженном сегменте, но и в поясничном отделе позвоночника, что свидетельствовало о системном характере изменений костной ткани. У лиц с ОА и ПТП показатели МПКТ были снижены в 89,47 – 93,48 % случаев относительно популяционной нормы. При АНГБ снижение МПКТ отмечалось у 67,75 – 67,74% пациентов.

Рентгенокинематография позволила определить, что при движениях в интактном ТБС происходило смещение центра вращения головки бедра, приводящее

к равномерному распределению нагрузки на всю площадь суставной поверхности. В пораженном ТБС центр вращения практически не менялся, что способствовало локализации векторов нагрузок на ограниченном участке сустава и его перегрузке. Искусственный кинематический узел характеризовался моноциклическим режимом функционирования без изменения центра вращения и меньшей амплитудой движений в отличие от интактного ТБС.

Остеосцинтиграфия и позитронно-эмиссионная томография напрямую отражали активность метаболических процессов, что позволило оценить состояние пораженного сегмента и скелета в целом. У пациентов с ОА отмечалось умеренное накопление радиофармпрепарата (РФП) в области ТБС. При АНГБ аккумуляция РФП была более высокой. При ПТП накопление отличалось высокой интенсивностью и неравномерностью распределения. Отмечалась концентрация РФП в области контралатеральных суставов, в области грудного и поясничного отдела позвоночника. В отдаленном периоде после артропластики ТБС выявлено накопление РФП, соответствующее границам «активной суставной полости», связанное с реакцией организма на продукты трения компонентов эндопротеза.

На основе лучевого мониторинга установлено, что у 96,4% пациентов с ПТП отмечались локальные нарушения ТБС в виде деформации опорных зон, дефектов в области предшествующих переломов и расположения имплантатов для остеосинтеза, вторичные изменения периартикулярных структур (остеосклероз, кисты, миофиброз), что затрудняло проведение артропластики и способствовало развитию осложнений. У лиц с первичным ОА сочетание необратимых системных и локальных нарушений выявлялось реже (46,26%). При этом локальные изменения были выражены в меньшей степени и в большинстве случаев не препятствовали проведению стандартного эндопротезирования. При АНГБ значительные локальные и системные изменения отмечались реже (в 18,13% случаев), что благоприятно сказывалось на последующих результатах.

Оценка стартового кинематического баланса проведена по ключевым показателям, наиболее чувствительным к нарушениям биомеханики, коррелирующим с параметрами клинικο-лучевого мониторинга, функционального состояния, двигательной активности и качества жизни пациентов. По данным стабилотрии установлено, что наиболее выраженные изменения отмечались у лиц с ПТП. Отклонения показателей стабилотрии были детерминированы болевой ирритацией, разницей длин конечностей, нарушением опороспособности пораженной конечности, патологическими установками сегментов тазового пояса и всего скелета. Фронтальная асимметрия в большей степени коррелировала с укорочением конечности (коэффициент корреляции Пирсона -  $r=0,75$  в основной и  $r=0,72$  в контрольной группе) и выраженностью болевого синдрома ( $r=0,76$  в основной и  $r=0,73$  в контрольной группе). Другие параметры стабилотрии (длина и площадь статокинезиограммы, энергоэффективность баланса), были связаны с двигательной активно-

стью, показателями шкалы Харриса, качеством жизни, уровнем боли и разницей длин конечностей (колебания коэффициента корреляции Пирсона в обеих группах - от 0,72 до 0,87). Это свидетельствовало о системном влиянии локального поражения ТБС на кинематический баланс в целом.

По данным гониометрии отмечались изменения в виде снижения амплитуды сгибания в ТБС и КС с пораженной стороны, наиболее выраженные у пациентов с ПТП при тестовой нагрузке. Амплитуда сгибания контралатеральной конечности в ТБС и КС была статистически значимо выше, чем в пораженной конечности ( $p < 0,05$ ). Корреляционный анализ параметров гониометрии (сгибание в пораженном ТБС и КС при обычной ходьбе и тестовой нагрузке) с клиническими данными (состояние по шкале Харриса, двигательная активность, качество жизни и уровень боли) выявил высокую степень связи с варьированием коэффициента корреляции Пирсона от 0,78 до 0,89, подтверждающее прямую взаимосвязь изменений на местном уровне с системными нарушениями.

Исследование исходного состояния мышц с использованием ЭМГ выявило снижение амплитуды колебания потенциалов с обеих сторон, наиболее выраженное у пациентов с ПТП. При этом отмечалось достоверное уменьшение амплитуды колебания потенциалов в пораженной конечности (диапазон от 31,3 до 43,7 мкВ в статике, от 102,6 до 128,2 мкВ при ходьбе) по сравнению с контралатеральной стороной (диапазон от 41,7 до 50,2 мкВ в статике, от 147,4 до 168,2 мкВ при ходьбе) во всех исследуемых группах мышц. Функциональные нарушения были неразрывно связаны со структурными изменениями, которые объективно определялись при исследовании макро- и микроструктуры тканей.

Макроскопическая оценка головок бедра при первичном ОА 4 стадии, удаленных во время артропластики, выявила обнажение склерозированной субхондральной кости в области верхнего полюса головки бедра. Микроструктуру поверхности головки бедра при ОА исследовали по ее рельефу в 3 участках: в области верхнего полюса, совпадающего с преимущественной зоной износа – зона 1; на границе между обнаженной субхондральной костной тканью и суставным хрящом – зона 2; в периферических отделах головки бедра с сохраненным суставным хрящом – зона 3.

Исследование деформационного рельефа поверхности (ДРП) головок бедра выявило асимметрию, отсутствие упорядоченности рельефа и отличия по показателю  $RS_a$  в 1-ой зоне – до 44,0 мкм на макроуровне (5х), до 1,5 мкм на мезоуровне (20х) и 2-ой зоне (46,8 мкм на макроуровне и 26,3 мкм на мезоуровне), что способствовало нарушениям трибологического взаимодействия суставных поверхностей. В 3-ей зоне показатель  $RS_a$  был 36,5 мкм на макроуровне и 7,2 мкм на мезоуровне, при этом сохранялась упорядоченность волн первого порядка.

Анализ гистоструктуры тканей пораженного ТБС обнаружил преобладание дистрофических процессов при ОА, некробиотических изменений при АНГБ и

воспалительных реакций у пациентов с ПТП. Патологические изменения при ОА и АНГБ преимущественно локализовались в головке бедра, субхондральной зоне вертлужной впадины и интраартикулярных мягкотканых структурах, а при ПТП отмечались нарушения гистоструктуры, затрагивающие область предшествующего перелома, параартикулярно расположенные мягкие ткани и зону ранее расположенных металлоконструкций для остеосинтеза. Сравнительный анализ данных гистоморфометрии установил признаки структурной несостоятельности опорных тканей в виде повышения доли площади суммарного межтрабекулярного пространства во всех образцах (при ОА – 52,84%, при АНГБ – 74,69%, при ПТП – 68,86%) в отличие от сохранной костной ткани вне очага поражения – 29,7%.

Деструктивно-дистрофические заболевания ТБС в фазе декомпенсации сопровождаются грубыми пороками структуры и функциональными нарушениями на всех уровнях - тканевом, органном и организменном. При этом остаются нерешенными проблемы оценки трибосопряжения ТБС при деструктивно-дистрофических поражениях и микроструктурной организации соединительной ткани при системном остеопорозе, играющие важную роль в патогенезе заболевания и влияющие на взаимодействие системы макроорганизм–имплантат.

Экспериментальные исследования по изучению состояния соединительной ткани у крыс с моделью стероидного остеопороза и оценке трибологических характеристик ТБС кроликов с моделью посттравматического ОА выявили, что при остеопорозе отмечались системные изменения гистоструктуры костной ткани с замещением и разрастанием волокнистой соединительной ткани в межбалочных пространствах губчатой кости и негативными изменениями метаболизма.

Анализ трибологических характеристик ТБС кролика выявил повышение прочности адгезионных связей на срез ( $\tau_n$ ) и коэффициента трения ( $f_m$ ) в образцах с моделью ОА. Коэффициент трения интактного ТБС был самым минимальным в условиях биологической среды и варьировал от 0,011 до 0,012 в зависимости от нагрузки. Данный показатель увеличивался при сухом трении до уровня 0,015 - 0,017. Коэффициент трения ТБС с моделью ОА достигал значений 0,022-0,029 при проведении эксперимента в условиях биологической среды и варьировал в диапазоне 0,041 – 0,048 при сухом трении.

Развитие ОА в одном из ключевых звеньев скелета сопровождается увеличением трения и адгезионных связей, вследствие утраты или нарушения структуры сегментов и качества трибосопряжения. В то же время существует мнение о значимости трибологического взаимодействия элементов эндопротеза, как одного из ключевых факторов износостойкости и выживаемости имплантата. В связи с этим представляет большое значение изучение постимплантационных изменений эндопротеза и взаимодействия пар трения.

Исследованы компоненты эндопротезов с преимущественным содержанием кобальта, хрома и молибдена (CoCrMo или Met), с содержанием двуокиси алюми-

ния более 80 % и двуокиси циркония около 17 % (АКер), циркониевой керамики (ЦКер), с покрытием из 97,5 % циркония и 2,5 % ниобия (Окс), с покрытием из нитрида титана (НитТ), вкладыши из поперечно-связанного полиэтилена (Пол). Постимплантационные изменения изучались на компонентах эндопротезов ТБС, удаленных в сроки более 10 лет после имплантации, из них с парой трения CoCrMo-Пол (5 образцов), АКер99 (содержание керамики - 99,7% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) – Пол (3 шт.), CoCrMo- CoCrMo (2шт.).

Анализ микротвердости компонентов эндопротезов выявил, что наиболее высокий показатель был у керамических имплантатов (19456 - 20670 МПа). Исследование интактных головок и вкладышей установило, что диапазон колебаний размеров диаметров находился в пределах 0,001-0,005 мм. Оценка сферичности головок эндопротезов после имплантации выявила, что размеры компонентов из CoCrMo (пара трения CoCrMo-CoCrMo и пара трения CoCrMo-Пол) уменьшились в диапазоне от 0,031 мм до 0,104 мм (рисунок 1). Износ вертлужного компонента из CoCrMo достигал 0,078 мм. Уменьшение размеров керамических головок эндопротезов ТБС в парах трения керамика АКер99-Пол было незначительным и достигало до 0,014 мм. Установлено значительное уменьшение размеров вкладышей из полиэтилена, которое достигало 1,96 мм. Отмечалась приоритетная зона износа в верхней части головки и вкладыша, соответствующая вертикальной оси нагрузки (рисунок 2).

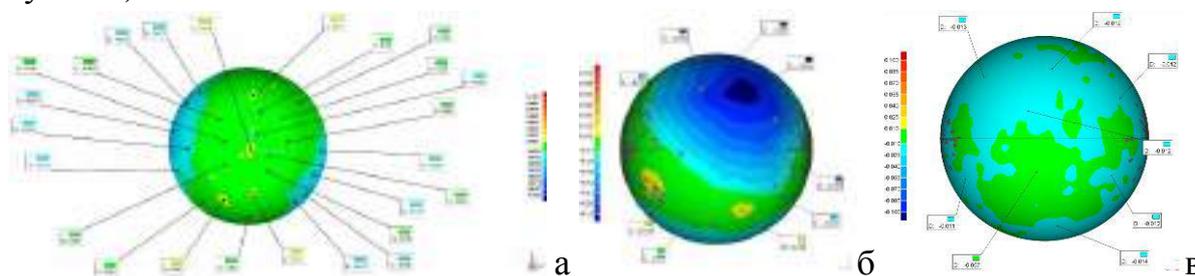


Рисунок 1. Оценка сферичности головок эндопротеза ТБС; а - пара трения CoCrMo- CoCrMo через 15 лет после имплантации (вид сверху); б - пара трения CoCrMo-Пол через 13 лет после имплантации (вид сверху); в - пара трения АКер99-Пол; через 19 лет после имплантации (вид сверху)

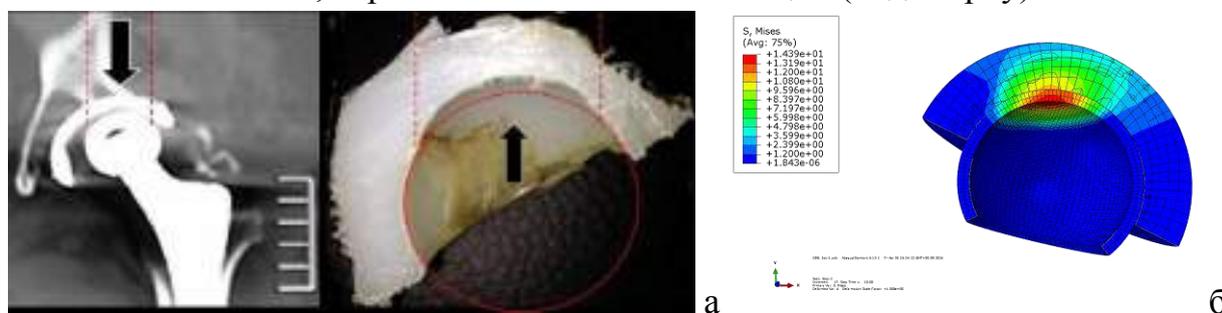


Рисунок 2. Локализация приоритетной зоны износа; а - износ вкладыша (диаметр 28 мм) через 17 лет после артропластики в паре трения (АКер99-Пол); б - распределение напряжений Мизеса при функционировании эндопротеза на основе конечного элементного моделирования (пара трения Мет-Пол)

Исследование рельефа поверхностей головок и ацетабулярных компонентов эндопротезов после имплантации отличалось в зависимости от зоны износа и трибологических пар. Максимальные отклонения по  $RS_a$  отмечались в первой зоне износа в парах трения CoCrMo-CoCrMo (10,4 мкм на макроуровне, 14,1 мкм на мезоуровне, 0,8 мкм на микроуровне) и CoCrMo-Пол (12,4 мкм, 5,6 мкм и 0,8 мкм соответственно), превышавшие значения ДРП головки эндопротеза из керамики (5,6 мкм, 4,6 мкм и 0,5 мкм соответственно). Во 2 зоне значение  $RS_a$  головок эндопротезов было сопоставимым, но достигало до 8,5 мкм у вертлужного компонента CoCrMo-CoCrMo. В 3 зоне головки эндопротеза диапазон показателя  $RS_a$  был минимальным, а в ряде участков соответствовал интактным образцам.

Сравнительная оценка ДРП головок эндопротезов выявила в паре трения CoCrMo-CoCrMo глубокие изменения рельефа поверхности с косвенными признаками коррозии и формированием «раковин» в области преимущественной зоны износа эндопротеза. Появление таких микронеровностей на сопряженных поверхностях, а также контактирование в отдельных участках касания, способствуют повышению температуры перипротезной зоны, которое может приводить к развитию нестабильности эндопротеза.

Изучение постимплантационных изменений эндопротезов ТБС выявило появление преимущественной зоны износа, которая занимает эксцентричное положение и способствует неравномерному износу отдельных участков, изменению биомеханики пораженного сегмента в частности, и кинематического баланса в целом. Компоненты с меньшим показателем микротвердости подвергались большему износу, что способствовало накоплению продуктов трения в тканях и повышало риск асептической нестабильности эндопротеза. В связи с этим представляет научный и практический интерес сравнительная оценка различных пар трения, применяемых в широкой ортопедической практике при артропластике ТБС.

Исследовано 10 трибологических пар в следующих сочетаниях: «АКер-АКер», «АКер-Пол», «Мет-Пол», «ЦКер-АКер», «ЦКер-Пол», «Мет-Мет», «Окс-АКер», «Окс-Пол», «НитТ-АКер», «НитТ-Пол». При отсутствии в паре трения компонентов необходимого диаметра производилась экстраполяция показателей, что позволило получить данные на исследуемые эндопротезы и сравнить их значения в зависимости от диаметров головки и вкладыша (28, 32 и 36 мм).

Оптимальные показатели в диапазоне 500 – 4000 Н отмечались в парах трения «ЦКер – АКер», «Окс – АКер» и «АКер – АКер». Наиболее высокий коэффициент  $f_m$  выявлялся в трибологических парах с полиэтиленовым вкладышем, а также в образцах «НитТ – АКер», «Мет – Мет». В диапазоне 4000 – 6300 Н, что соответствует режиму быстрой ходьбы, показатели трения большинства образцов выравниваются между собой, кроме пар «НитТ – АКер», «Мет – Мет», «НитТ-Пол», которые остаются высокими. При максимальных нагрузках 8000 – 10000 Н величина коэффициента  $f_m$  у пар «АКер – Пол», «Окс – Пол», «ЦКер – Пол», «Мет

– Пол», «ЦКер – АКер» была ниже, чем у других пар трения. Оценка средней величины коэффициента  $f_m$  во всем диапазоне нагрузок для эндопротезов с различными диаметрами головок показала, что наиболее оптимальными парами трения являются: «ЦКер – АКер», «АКер – АКер» (рисунок 3).

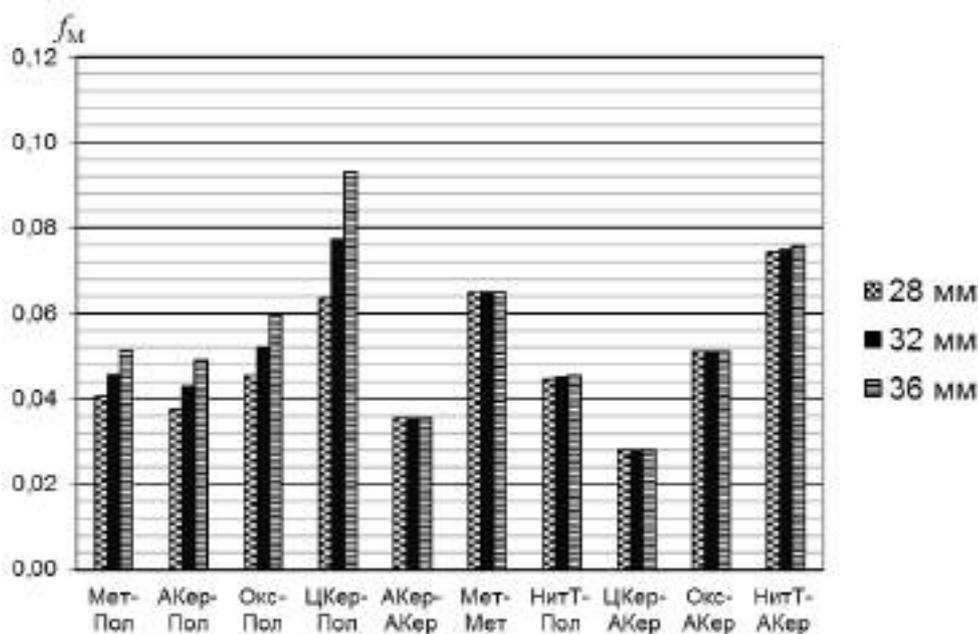


Рисунок 3. Среднее значение адгезионной составляющей коэффициента трения в диапазоне нагрузок 500 – 10000 Н в условиях сухого трения

Установлено, что для всех испытываемых пар трения эндопротезов ТБС прочность  $\tau_n$  на срез адгезионных связей возрастает с повышением давления  $p_r$  на подвижном фрикционном контакте. Причем, степень влияния  $p_r$  на  $\tau_n$  разная для «мягких» и «твердых» пар трения: полиэтиленовые вкладыши обеспечивают существенно меньшее влияние  $p_r$  на  $\tau_n$ . В парах трения с полиэтиленовым вкладышем отмечалось уменьшение коэффициента  $f_m$  при увеличении нагрузки и давления в отличие от «твердых» трибологических пар. Выявлена меньшая зависимость трибологических характеристик от добавления синовиальной жидкости в «твердых» парах, наиболее выраженную в диапазоне 500 – 4000 Н. Величины  $\tau_n$  и  $f_m$  существенно изменялись в условиях биологической среды в парах с полиэтиленовым вкладышем. Увеличение диаметра головки эндопротеза в большинстве образцов с полиэтиленовым вкладышем, сопровождалось увеличением коэффициента  $f_m$ . В «твердых» парах трения и паре «НитТ– Пол» зависимости коэффициента  $f_m$  от диаметра головки эндопротеза, нагрузки и давления выявлено не было.

Сравнительный анализ адгезионной составляющей ( $f_m$ ) в паре трения «ЦКер – АКер», продемонстрировавшей наименьший коэффициент трения среди эндопротезов, с данными, полученными в эксперименте на лабораторных животных (кроликах) при одинаковом давлении от 1,7 до 2,83 Мпа выявил, что показатель  $f_m$  интактного ТБС кролика был в 2 – 2,18 раза меньше, чем у искусственного кинематического узла. При этом значение  $f_m$  в искусственной паре трения (0,024) было

сопоставимо с показателем образца с моделью ОА ТБС кролика (диапазон от 0,022 до 0,029) в условиях биологической среды, что подтверждало ограниченность трибологических характеристик кинематического узла эндопротеза.

Закономерная взаимосвязь между особенностями взаимодействия макроорганизма, искусственного сустава и проявлениями патологического процесса на тканевом, органном и организменном уровнях требует интегративного осмысления всех факторов, влияющих на исход. В связи с этим назрела необходимость использования системного подхода к решению проблемы повышения эффективности хирургического лечения пациентов с деструктивно-дистрофическими поражениями ТБС по технологии артропластики.

Системная оценка состояния пациентов с деструктивно-дистрофическими заболеваниями ТБС позволила определить, что нарушения гомеостаза организма сопровождаются запуском универсальных саногенетических реакций и развитием патологического процесса по фазовому типу с различными вариантами несостоятельности адаптации. Данный подход наиболее актуален для пациентов в период клинической манифестации, поскольку декомпенсация на локальном уровне всегда сопровождается системными нарушениями той или иной степени выраженности. В связи с этим возникла необходимость установления таких критериев оценки, по которым можно объективно судить о состоянии индивидуумов в целом.

Полученные многочисленные клинические данные и показатели параклинических автоматизированных систем исследования, включающих 63 критерия, позволили оценить состояние пациента на всех уровнях. Однако большой объем различных параметров требует их систематизации с определением степени значимости каждого из критериев оценки. В связи с этим состояние пациентов с декомпенсированными деструктивно-дистрофическими поражениями ТБС необходимо оценивать на локальном и системном уровнях с использованием стандартных критериев и интеграцией полученных данных на основе факторного анализа, что обеспечивает объективную картину структурно-функциональных нарушений.

Выявленные закономерности адаптивных реакций со стороны опорно-двигательной системы позволили предложить понятие фазовое состояние (или фазовый портрет) соединительной ткани, которое обозначает оптимальные структурно-функциональные стереотипы обеспечивающие эффективную функцию с минимальными энергетическими затратами при однотипной нагрузке. Клиническая манифестация деструктивно-дистрофического поражения ТБС способствует переходу из фазы компенсации в фазу суб- или декомпенсации, что объективно определяется при системной оценке пациента. Интегральный показатель фазового состояния соединительной ткани вычислялся методом факторного анализа по 15 наиболее достоверным исследуемым исходным признакам, для которых определялся набор свойств, устанавливающих связь между исходными признаками.

Процедура факторного анализа включала следующие стадии: вычисление корреляционной матрицы исходных признаков; извлечение, вращение и интерпретация факторов. Интерпретация этих факторов позволила определить две основные компоненты: локальную и системную, для которых установили коэффициенты значимости по каждому критерию (таблица 4). Комплексная оценка полученных данных формирует фазовый портрет индивидуума, учитывающий степень поражения конкретного сегмента и состояние организма в целом. Расчет интегрального показателя производился путем умножения значения каждого из критериев на коэффициент значимости. Далее полученный показатель рассматривался по отношению к популяционной норме, которая была принята за 100%. Она определялась по параметрам группы сравнения, состоящей из здоровых лиц, представленных 37 добровольцами сопоставимого возраста и пола.

Таблица 4 — Коэффициенты значимости факторов интегральной оценки фазового состояния соединительной ткани

Факторы	Коэффициент значимости компоненты системного уровня	Коэффициент значимости компоненты локального уровня
Шкала Харриса	0,852	0,172
Шкала ВАШ	-0,710	-0,213
Шкала SF-36 (физическое функционирование)	0,542	0,198
Шкала SF-36 (жизненная активность)	0,647	0,380
Двигательная активность	0,628	0,315
МПКТ	0,442	0,419
Площадь статокинезиограммы	-0,592	-0,442
Фронтальная асимметрия	-0,689	-0,163
Энергоэффективность баланса	0,714	0,133
Объем сгибания в пораженном ТБС в положении лежа	0,329	0,761
Амплитуда сгибания пораженного ТБС при ходьбе	0,39	0,520
Амплитуда сгибания КС с пораженной стороны при ходьбе	0,382	0,657
Амплитуда сгибания пораженного ТБС при тестовой нагрузке	0,164	0,596
Амплитуда колебания потенциалов 4-главой мышцы бедра с пораженной стороны в динамике	–	0,675
Амплитуда колебания потенциалов 4-главой мышцы бедра с пораженной стороны в статике	–	0,711

Фазовое состояние соединительной ткани оценивалось на основании интегрального показателя и подразделялось на 3 степени: компенсация (75-100% от



Проведен сравнительный анализ эффективности различных методик предоперационного проектирования. В контрольной группе (108 чел.) планирование проводилось традиционным способом с использованием рентгенограммы, шаблонов эндопротезов и скицы. У 116 пациентов основной группы предоперационное проектирование артропластики ТБС проводили по оригинальной методике в 3 этапа: 1) оценка плотности костной ткани опорных зон для эндопротеза по шкале Хаунсфилда на основе КТ; 2) 2D проектирование с использованием автоматизированной программы «TraumaCad», версия 2.4; 3) 3D проектирование на основе объемного моделирования (рисунок 5). Предлагаемая методика повысила точность определения размеров имплантата у пациентов основной группы на 3,47% при ОА ( $p_k=0,70$ ), на 3,91% при АНГБ ( $p_k=0,68$ ), на 31,02% при ПТП ( $p_k=0,002$ ) по сравнению с контрольной группой.

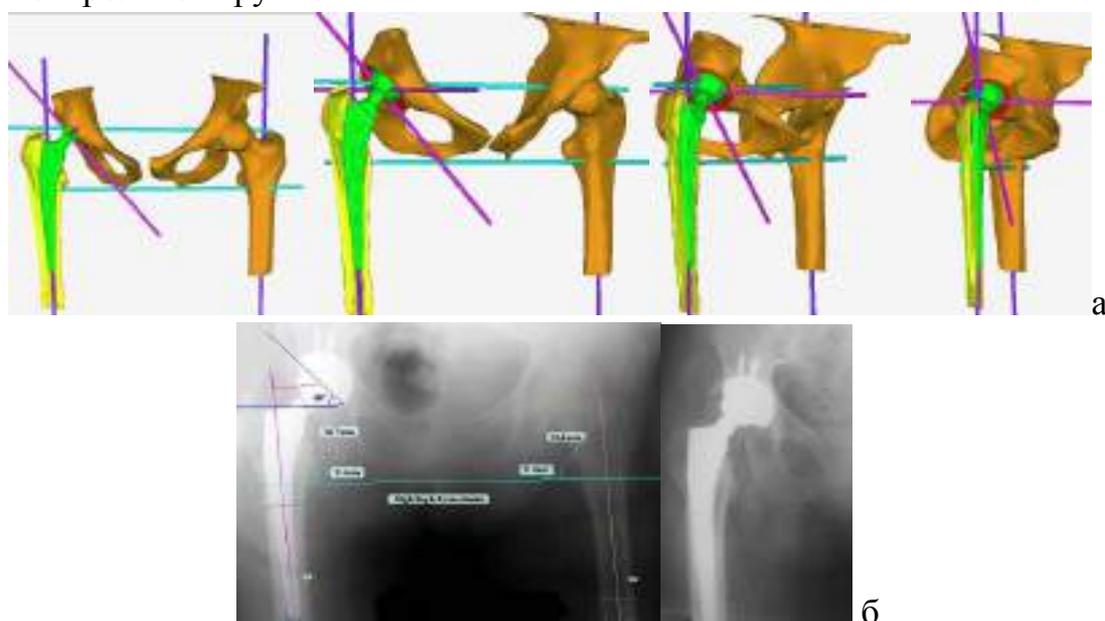


Рисунок 5. ♀, 73 г., а - предоперационное проектирование артропластики правого ТБС на основе объемного моделирования; б – рентгенограммы после артропластики правого ТБС

При грубых деформациях области ТБС, кроме компьютерного моделирования, дополнительно проводилась 3D печать сегментов, модели которых использовались для оценки исходного состояния тазового пояса и после виртуальной установки эндопротеза (рисунок 6).

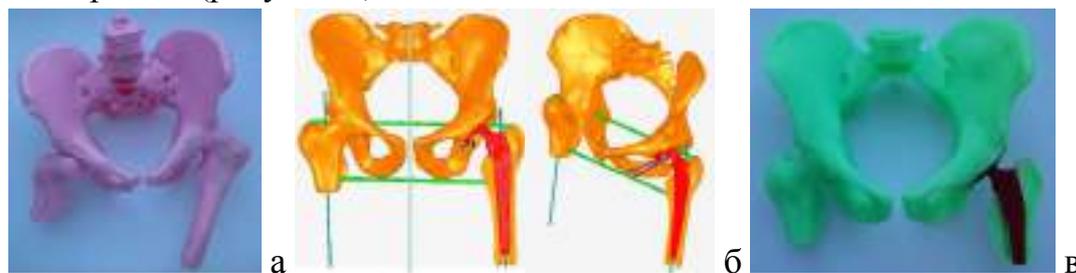


Рисунок 6. ♂, 45 лет; а – объемная модель ТБС до артропластики; б – предоперационное проектирование артропластики правого ТБС на основе объемного моделирования; в – объемная модель с эндопротезом ТБС

Дефекты костной ткани у пациентов с ПТП в зоне предшествующего перелома и расположения металлоконструкций способствуют трансформации и концентрации векторов напряжения в определенных участках, что с учетом снижения качества костной ткани у этой группы пациентов повышает риск переломов в интра- и послеоперационном периоде. В связи с этим проведен расчет распределения напряжений при артропластике ТБС после редуционно-реконструктивных вмешательств на проксимальном отделе бедра и последствий повреждений вертлужной впадины на основе конечного элементного моделирования. Анализ распределения векторов сил при осевой нагрузке 5000 Н выявил, что наличие дефектов костной ткани приводило к изменению картины распределения векторов сил, которая становилась менее однородной (рисунок 7). Концентрациями напряжений выступали края и боковые поверхности дефектов, причем в отдельных точках их уровень повышался в 3 раза (с 1 МПа до 3 МПа).

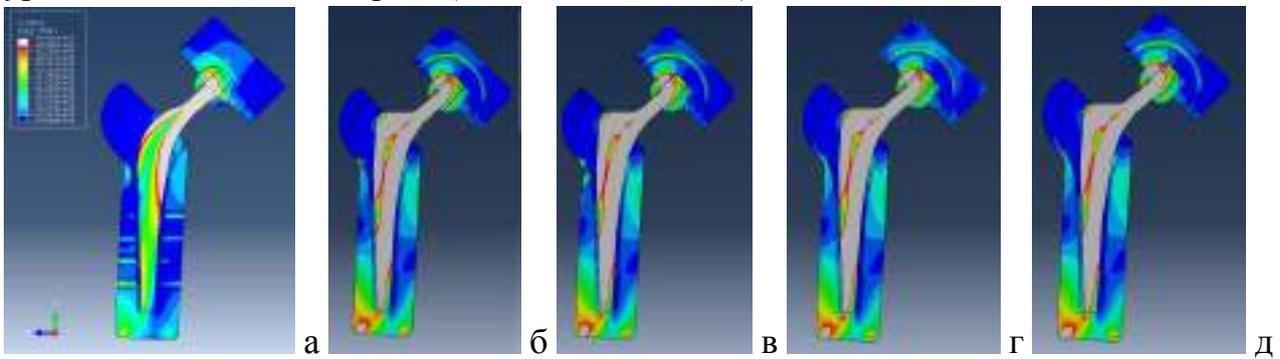


Рисунок 7. Распределение напряжений по Мизесу в моделях после артропластики ТБС при ПТП; а – после остеосинтеза системой DHS; б – после остеосинтеза канюлированными винтами; в – после остеосинтеза гамма-гвоздем; г – при дефекте вертлужной впадины; д – модель без посттравматических изменений

Повышение концентрации напряжений в отдельных точках может служить источником разрушения за счет разрастания отверстий или перелома кости вдоль волнообразного профиля. В связи с этим, возникает необходимость оптимизации техники установки компонентов эндопротеза и мониторинга интраоперационного взаимодействия системы макроорганизм–имплантат у пациентов с высоким риском развития перелома. Кроме визуального и рентгенологического контроля, использовалось определение оптимальности позиционирования по изменению амплитудно-частотных характеристик звуковых колебаний.

Спектральный амплитудно-частотный анализ звука выявил, что на начальной стадии установки отмечалось преобладание высокочастотных колебаний, начиная с 3000 Гц (первый удар), которые понижались с увеличением плотности контакта с костью. При позиционировании вертлужного компонента эндопротеза оптимальность посадки считалась достаточной при достижении преобладания частоты колебаний в диапазоне 700–750 Гц с амплитудой -30 -35 дБ. Во время прохождения костно-мозгового канала бедра рашпилями, при достижении частоты звуковых колебаний в диапазоне 1800-2000 Гц при амплитуде 30-40дБ, обработка

бедренной кости считалась достаточной и выполнялась установка бедренного компонента эндопротеза.

Экспериментальное исследование сигналов акустической эмиссии (АЭ) в ультразвуковом диапазоне более достоверно отражало начало и развитие деформации бедренной кости на микроуровне. Для анализа наблюдаемых процессов строился совмещенный график зависимости нагрузки и амплитуды сигналов (АЭ) от времени. Установку бедренного компонента эндопротеза проводили с помощью электромеханической испытательной машины Instron 5982 с постоянной скоростью 5 мм/мин. Плотная посадка бедренного компонента достигалась при появлении фона умеренной интенсивности на уровне 35-40дБ, а предиктором развития перелома бедра при установке эндопротеза было быстрое увеличение амплитуды сигналов АЭ. Развитие перелома сопровождалось падением нагрузки и плотной серией импульсов АЭ с высокой амплитудой (рисунок 8). Акустический контроль установки ацетабулярного и феморального компонентов эндопротеза ТБС позволяет точнее определить размер и оптимальное положение имплантата, уменьшить вероятность ошибки и программирует действия хирурга.

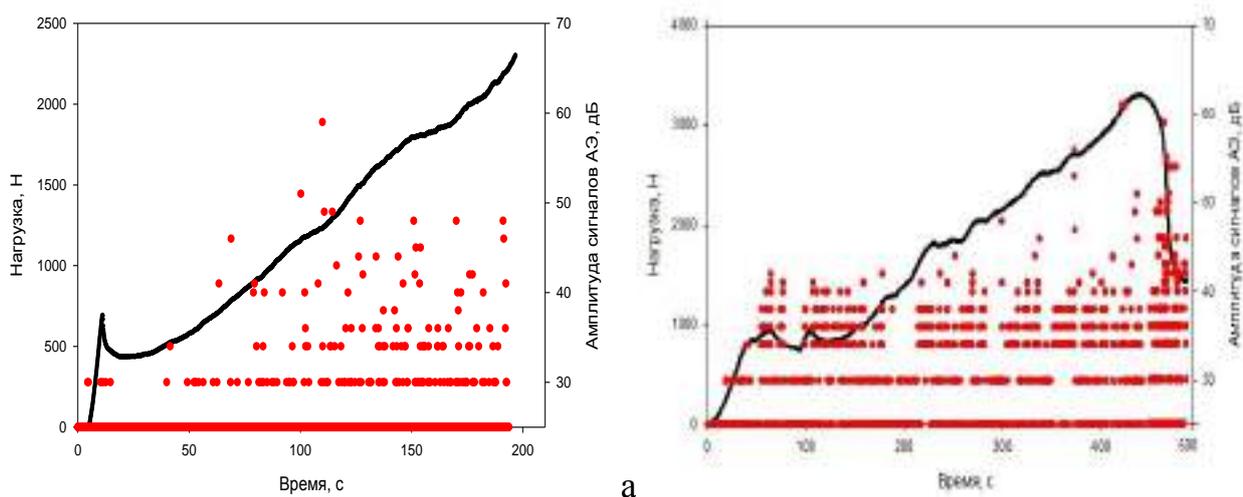


Рисунок 8. Диаграмма АЭ при установке эндопротеза в эксперименте; а – АЭ при плотной посадке бедренного компонента; б – АЭ при переломе бедра

Методика установки компонентов бесцементного эндопротеза на основе анализа АЭ может быть рекомендована для внедрения в клиническую практику при эндопротезировании, что наиболее актуально при высоком риске переломов. При этом эффективность артропластики ТБС достигается не только за счет технологичности операции, но и благодаря проведению адекватной реабилитации.

Программа реабилитации пациентов строилась на оценке фазового портрета с учетом стартового кинематического баланса. Различное фазовое состояние соединительной ткани у лиц с декомпенсированными деструктивно-дистрофическими поражениями ТБС диктует необходимость предварительной комплексной оценки опорно-двигательной системы и проведения реабилитационных мероприятий на основе индивидуальной программы в периоперационном периоде. Программа реабилитации была разделена на 3 этапа.

1. Оценка состояния пациента до артропластики, включающая: а) ортопедическое обследование; б) лучевой мониторинг; в) оценка кинематического баланса; г) определение интегрального показателя фазового состояния соединительной ткани, прогнозирование исхода артропластики, реабилитационных ожиданий.
2. Предоперационная реабилитация: а) заполнение реабилитационной карты; б) разработка реабилитационных мероприятий.
3. Послеоперационная реабилитация: а) оценка состояния пациента после операции; б) реабилитационная карта; в) разработка реабилитационных мероприятий.

Внедрение системного подхода к периоперационной реабилитации при деструктивно-дистрофических поражениях ТБС с интегративной оценкой фазового состояния соединительной ткани позволило объективно оценить состояние пациента, определить реабилитационные ожидания, предварительный прогноз исходов, наиболее вероятных осложнений и на этой основе составить программу реабилитации, что способствовало улучшению результатов лечения.

Анализ результатов артропластики по шкале Харриса через 3 года после операции выявил улучшение во всех подгруппах в пользу основной группы. При этом статистически значимая разница была только у пациентов с ПТП (таблица 5).

Таблица 5 — Функциональное состояние по шкале Харриса

Контрольная группа	ОА, n=249	АНГБ, n=98	ПТП, n=59
До артропластики	37,88±4,66	38,46±4,14	27,53±7,7
Через 3 года после артропластики, балл	87,70±9,91 ( $p_2 < 0,01$ )	93,14±7,13 ( $p_3 < 0,01$ )	81,17±13,53 ( $p_1 < 0,01$ )
Основная группа	ОА, n=179	АНГБ, n=73	ПТП, n=52
До артропластики	37,65±5,02	38,63±4,26	25,54±7,48
Через 3 года после артропластики, балл	89,29±10,84 ( $p_k = 0,12, p_2 < 0,01$ )	93,82±7,48 ( $p_k = 0,55, p_3 < 0,01$ )	86,22±10,0 ( $p_k = 0,029, p_1 = 0,21$ )

Примечание:  $p_k$  – статистическая значимость различий с контрольной группой;  $p_1$  – с 1 подгруппой;  $p_2$  – со 2 подгруппой;  $p_3$  – с 3 подгруппой

Двигательная активность пациентов через 3 года после артропластики была выше в основной группе. При этом статистически значимой разница была в группе с ПТП в пользу основной группы (таблица 6). У пациентов с ОА и АНГБ достоверных различий между основной и контрольной группами выявлено не было.

Таблица 6 — Двигательная активность пациентов до и после артропластики

Контрольная группа	ОА, n=249	АНГБ, n=98	ПТП, n=59
До артропластики, шаги	2083±845	2546±613	1088±606
Через 3 года после артропластики, шаги	4521±1502 ( $p_2 < 0,01$ )	5230±1494 ( $p_3 < 0,01$ )	3695±1658 ( $p_1 < 0,01$ )
Основная группа	ОА, n=179	АНГБ, n=73	ПТП, n=52
До артропластики, шаги	1928±871	2521±636	1015±548
Через 3 года после артропластики, шаги	4724±1485 ( $p_k = 0,17, p_2 < 0,01$ )	5486±1630 ( $p_k = 0,29, p_3 < 0,01$ )	4350±1553 ( $p_k = 0,035, p_1 = 0,3$ )

Примечание:  $p_k$  – статистическая значимость различий с контрольной группой;  $p_1$  – с 1 подгруппой;  $p_2$  – со 2 подгруппой;  $p_3$  – с 3 подгруппой

При определении интенсивности боли по шкале ВАШ, были выявлены различные значения болевого синдрома в зависимости от нозологической формы, который достоверно уменьшился через 3 года после артропластики во всех подгруппах (таблица 7). В основной группе уровень боли через 3 года после эндопротезирования был ниже, чем в контрольной, однако статистическая разница была выявлена только для лиц с ПТП.

Таблица 7 — Уровень боли по шкале ВАШ до и после артропластики

Контрольная группа	ОА, n=249	АНГБ, n=98	ПТП, n=59
До артропластики, см	6,75±0,89	6,57±0,73	7,08±1,02
Через 3г. после артропластики, см	1,28±1,02 ( $p_2 < 0,01$ )	0,89±0,86 ( $p_3 < 0,01$ )	2,08±1,67 ( $p_1 < 0,01$ )
Основная группа	ОА, n=179	АНГБ, n=73	ПТП, n=52
До артропластики, см	6,79±0,91	6,62±0,72	7,12±1,06
Через 3г. после артропластики, см	1,26±1,17 ( $p_k = 0,86, p_2 < 0,01$ )	0,82±0,61 ( $p_k = 0,58, p_3 < 0,01$ )	1,48±1,35 ( $p_k = 0,04, p_1 = 0,75$ )

Примечание:  $p_k$  – статистическая значимость различий с контрольной группой;  $p_1$  – с 1 подгруппой;  $p_2$  – со 2 подгруппой;  $p_3$  – с 3 подгруппой

Качество жизни по шкале SF-36 достоверно улучшилось после операции во всех подгруппах ( $p < 0,05$ ). При этом наиболее высокие показатели через 3 года после артропластики отмечались у пациентов с АНГБ, а самые низкие у лиц с ПТП. Показатели пациентов с ОА в контрольной группе были сопоставимы с ПТП по социальному функционированию и ролевому функционированию, обусловленному эмоциональным состоянием. Сравнительный анализ данных основной и контрольной групп установил статистически значимую разницу у пациентов с ПТП по показателям физического функционирования, ролевого функционирования, обусловленного физическим состоянием, интенсивности боли, общему состоянию здоровья, ролевому функционированию обусловленному эмоциональным состоянием и психическому здоровью в пользу основной группы. У лиц с ОА и АНГБ достоверной разницы между основной и контрольной группами не выявлено. Показатели пациентов с ОА в основной группе были сопоставимы со всеми значениями шкалы SF-36 у лиц с ПТП, кроме параметра психическое здоровье (MH).

Анализ данных лучевого мониторинга на основе КТ выявил признаки снижения плотности кости, затрагивающих различные сегменты после эндопротезирования ТБС у пациентов всех подгрупп. Через 3 года после артропластики плотность костной ткани по шкале Хаунсфилда в зонах De Lee and Charnley имела статистически значимую разницу между пораженной и контралатеральной нижней конечностью у пациентов с АНГБ и ПТП.

Сравнительная оценка плотности костной ткани по данным остеоденситометрии в течение первых трех лет после эндопротезирования продемонстрировала, что степень снижения МПКТ пораженной конечности была статистически более значимой, чем с контралатеральной стороны, свидетельствующая о необратимых

процессах на локальном уровне, связанных с патологией и альтерацией при проведении артропластики.

У лиц с ОА выявлено снижение плотности костной ткани в оперированной конечности через 1 год после эндопротезирования, а уменьшение потери МПКТ отмечалось к 2-3 году после артропластики. У пациентов с АНГБ адаптивное ремоделирование костной ткани после замены сустава носило более стабильный характер, а отрицательная динамика МПКТ наблюдалась в течение 1 года с последующим выравниванием кривой показателей плотности костной ткани. У лиц с ПТП уменьшение потери МПКТ оперированного сегмента отмечалось только к 3 году в основной группе, а в контрольной группе отрицательная динамика сохранялась и более 3 лет.

У пациентов с ОА наиболее выраженное снижение костной массы отмечалось в грудном отделе позвоночника через 1 год после артропластики: контрольная группа (уменьшение МПКТ на  $-4,39 \pm 0,63\%$ ), основная группа (на  $-3,83 \pm 0,57\%$ ,  $p_k < 0,05$ ) и оперированной нижней конечности: контрольная группа (снижение МПКТ на  $4,33 \pm 0,6\%$ ), основная группа (на  $3,72 \pm 0,53\%$ ,  $p_k < 0,05$ ). У лиц с АНГБ наиболее значимое снижение МПКТ наблюдалось через 1 год, в грудном отделе позвоночника: контрольная группа (уменьшение на  $2,37 \pm 0,38\%$ ), основная группа (на  $2,29 \pm 0,32\%$ ,  $p_k = 0,1$ ) и оперированной конечности: контрольная группа (снижение на  $3,61 \pm 0,73\%$ ), основная группа (на  $3,43 \pm 0,61\%$ ,  $p_k = 0,13$ ). У лиц с АНГБ статистической разницы между основной и контрольной группами выявлено не было ( $p > 0,05$ ). У пациентов с ПТП отмечалось более выраженное снижение МПКТ к 2-3 годам после артропластики с последующим выравниванием линии падения к 3 годам, наиболее значимое в грудном отделе позвоночника и оперированной нижней конечности ( $p < 0,05$ ). У пациентов с ПТП в контрольной группе отрицательная динамика МПКТ была самой выраженной и не стабилизировалась к 3 годам после артропластики ТБС. Схожая картина наблюдалась в периимплантной зоне при оценке МПКТ по зонам Груена и Чанли.

Изучение динамики МПКТ у пациентов с декомпенсированными деструктивно-дистрофическими поражениями ТБС в послеоперационном периоде выявило, что хирургическое вмешательство и гиподинамия не только способствуют увеличению потери костной массы или снижают темпы ее восстановления в периимплантной зоне, что создает условия к развитию асептической нестабильности эндопротеза, но и становятся причиной дефицита МПКТ в других сегментах скелета, что свидетельствует о системном характере изменений метаболизма костной ткани. При этом структурная несостоятельность опорных тканей была сопряжена с нарушениями кинематического баланса.

Показатели биометрии фаз опоры и ходьбы достоверно улучшились во всех группах через 3 года после артропластики ( $p < 0,05$ ). При сравнении данных стабилометрии в основной и контрольной группах, статистически значимое улучшение

отмечалось только у пациентов с ПТП по длине статокинезиограммы, энергоэффективности баланса и фронтальной асимметрии в пользу основной группы ( $p < 0,05$ ). Сопоставление показателей исследуемых пациентов через 3 года после эндопротезирования с группой сравнения, представленной здоровыми лицами, соответствующего пола и возраста, выявило, что параметры кинематического баланса пациентов после артропластики не достигали уровня значений биометрии фаз опоры и ходьбы у здоровых лиц (таблица 8). Это доказывало ограниченность диапазона полезных свойств искусственного кинематического узла.

Таблица 8 - Сравнительные показатели стабилотрии через 3 года после артропластики ТБС

Основная группа	Длина, мм	Площадь, мм <sup>2</sup>	Энергоэффективность баланса, %	Фронтальная асимметрия, %
ОА, n=158	208,6±43,8 ( $p_k=0,28$ , $p_2=0,11$ )	91,7±36,9 ( $p_k=0,09$ , $p_2=0,03$ )	86,2±16,3 ( $p_k=0,31$ , $p_2=1,0$ )	80,2±35,7 ( $p_k=0,14$ , $p_2=0,21$ )
АНГБ, n=65	195,4±39,1 ( $p_k=0,63$ , $p_3=0,06$ )	83,3±21,5 ( $p_k=0,47$ , $p_3 < 0,01$ )	88,5±18,4 ( $p_k=0,41$ $p_3=0,12$ )	71,1±29,6 ( $p_k=0,2$ $p_3=0,01$ )
ПТП, n=46	215,8±50,8 ( $p_k=0,03$ , $p_1=1,0$ )	102,3±23,7 ( $p_k=0,03$ , $p_1=0,07$ )	81,7±14,7 ( $p_k=0,03$ , $p_1=0,27$ )	89,7±36,8 ( $p_k=0,04$ , $p_1=0,36$ )
Контрольная группа				
ОА, n=144	214,3±48,4 ( $p_2=0,09$ )	98,9±29,1 ( $p_2 < 0,01$ )	83,7±25,8 ( $p_2=1,0$ )	86,5±38,2 ( $p_2=0,48$ )
АНГБ, n=61	198,8±40,5 ( $p_3 < 0,01$ )	86,4±26,7 ( $p_3 < 0,01$ )	85,4±23,6 ( $p_3=0,02$ )	78,4±34,5 ( $p_3 < 0,01$ )
ПТП, n=48	237,6±47,2 ( $p_1=0,01$ )	114,7±30,5 ( $p_1 < 0,01$ )	74,3±15,1 ( $p_1=0,06$ )	105,8±38,1 ( $p_1 < 0,01$ )
Группа сравнения, n=37	159,8±27,3*	70,1±22,9*	98,7±2,9*	4,5±1,3*

Примечание:  $p_1$  – статистическая значимость различий с 1 подгруппой,  $p_2$  – со 2 подгруппой,  $p_3$  – с 3 подгруппой;  $p_k$  - с контралатеральной конечностью, \* -  $p < 0,05$  – статистическая значимость различий с группой сравнения

Сравнительный анализ показателей гониометрии через 3 года после артропластики ТБС продемонстрировал достоверное улучшение большинства параметров после эндопротезирования во всех группах. Отмечено статистически значимое увеличение амплитуды сгибания при тестовых нагрузках у пациентов основной группы в пораженном ТБС на 2,4<sup>0</sup> при ОА, на 3,5<sup>0</sup> при ПТП и объема сгибания КС на 2,8<sup>0</sup> при ОА, на 4,3<sup>0</sup> при ПТП по сравнению с контрольной группой ( $p < 0,05$ ). У лиц с АНГБ достоверных различий между группами выявлено не было.

Исследование состояния мышц с использованием ЭМГ через 3 года после артропластики выявило достоверное повышение амплитуды колебания потенциалов при всех нозологических формах. При сравнении основной и контрольной

групп установлено статистически значимое увеличение амплитуды у пациентов с ПТП и ОА при исследовании во время ходьбы в пользу основной группы ( $p < 0,05$ ). У лиц с АНГБ достоверной разницы между группами не отмечалось.

Сравнительный анализ результатов артропластики в основной и контрольной группах по интегральному показателю фазового состояния соединительной ткани, показал эффективность разработанной концепции хирургического лечения при деструктивно-дистрофических поражениях ТБС на основе системного подхода в виде улучшения показателей компонент локального и системного уровня (рисунк 9) на 2,38 % и 2,3 % при ОА ( $p < 0,05$ ), на 1,61 % и 1,84 % при АНГБ ( $p > 0,05$ ), на 5,62 % и 4,37 % при ПТП ( $p < 0,05$ ). При этом во всех подгруппах интегральный показатель фазового состояния соединительной ткани после артропластики не достигал уровня здоровых лиц из группы сравнения ( $p < 0,01$ ).

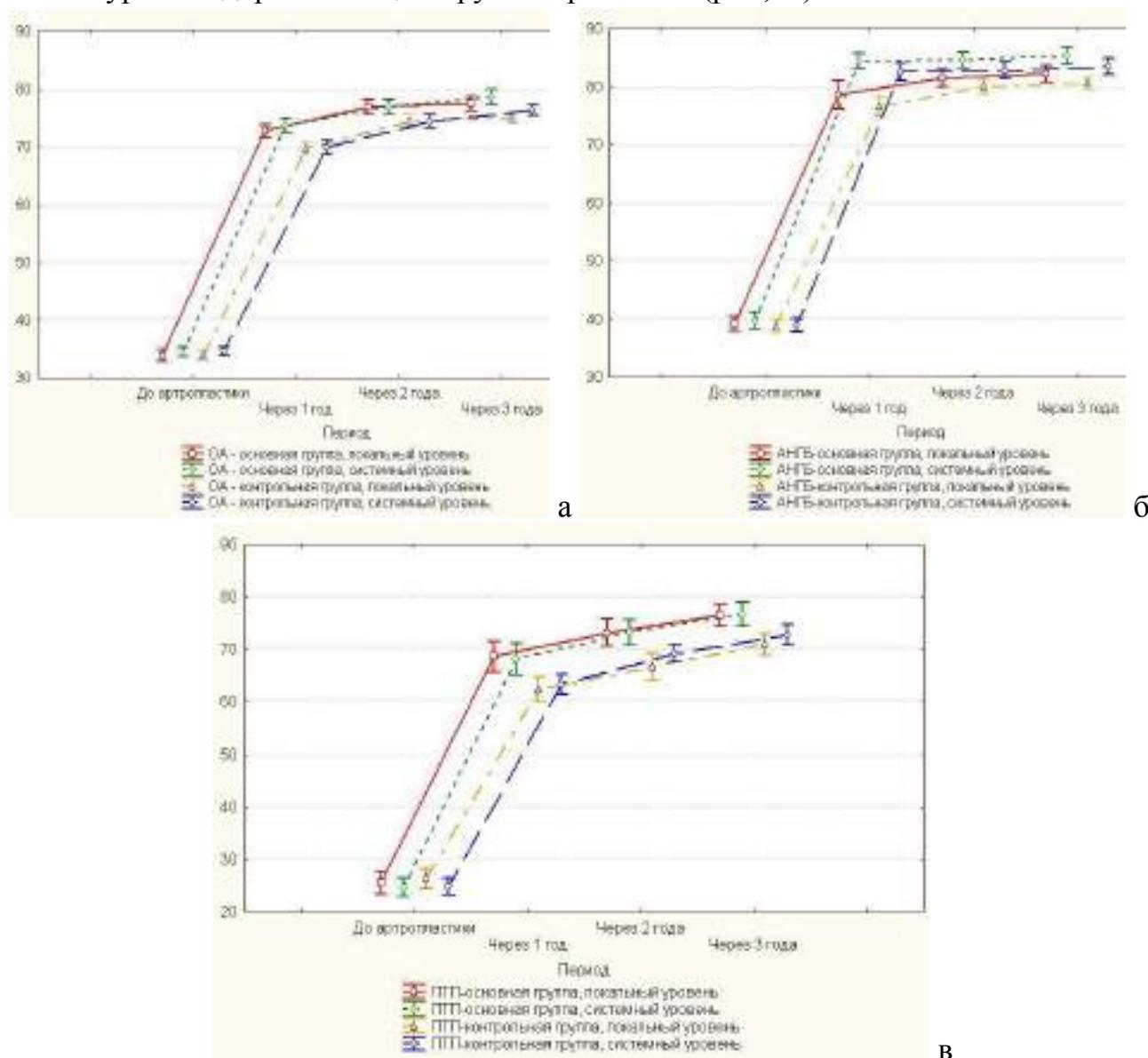


Рисунок 9. Динамика интегрального показателя фазового состояния соединительной ткани при деструктивно-дистрофических поражениях до и после артропластики; а – при первичном ОА; б – при АНГБ; в – при ПТП

Отмечалось снижение доли осложнений в основной группе преимущественно за счет уменьшения частоты интраоперационных переломов бедра у пациентов с ПТП на 15,58% (таблица 9), переломов аксиального скелета у лиц с ОА на 9,82% ( $p < 0,05$ ), при ПТП на 13,2% ( $p > 0,05$ ), уменьшения доли контрактур ТБС на 6,97% при ОА ( $p < 0,05$ ), на 35,56% при ПТП ( $p < 0,05$ ) и контрактур КС на 22,92% у пациентов с ПТП ( $p < 0,05$ ) по сравнению с контрольной группой. Среди исследуемых пациентов частота ревизий составила 3,52%, чаще всего она проводилась в контрольной группе – 3,94%, реже в основной группе – 2,96% ( $p > 0,05$ ).

Таблица 9. Интраоперационные осложнения после артропластики ТБС

Контрольная группа	ОА, n=249	АНГБ, n=98	ПТП, n=59
Интраоперационный перелом вертельной области (тип А), %	3,61	1,02	27,12 <sup>1, 2</sup>
Интраоперационный перелом бедра (тип В1, В2), %	0,80	-	3,39
Интраоперационный перелом вертлужной впадины, %	0,40	-	1,69
Кровотечение, %	1,20	1,02	1,69
Основная группа	ОА, n=179	АНГБ, n=73	ПТП, n=52
Интраоперационный перелом вертельной области (тип А), %	1,68	1,37	11,54 <sup>1, 2</sup> ( $p_k=0,04$ )
Интраоперационный перелом бедра (тип В1, В2), %	1,12	-	1,92
Интраоперационный перелом вертлужной впадины, %	0,56	-	0,00
Кровотечение, %	1,12	0,00	1,92

Примечание: <sup>1</sup> -  $p < 0,05$  по сравнению с 1 подгруппой, <sup>2</sup> -  $p < 0,05$  по сравнению со 2 подгруппой,  $p_k$  – статистическая значимость различий с контрольной группой

Задача прогнозирования исхода артропластики и обоснования выбора лечебного подхода для конкретного пациента решалась с использованием метода многофакторного нелинейного регрессионного анализа. Для каждой нозологической формы и применяемого вида лечения рассчитывалась регрессионная модель, прогнозирующая результат лечения в зависимости от индивидуальных характеристик пациента. Таким образом, были получены 6 регрессионных моделей. В связи с тем, что результативный показатель (интегральная оценка фазового состояния соединительной ткани -  $Y$ ) принимала значения в пределах от 15 до 100, данный показатель преобразовывался каким образом, чтобы диапазон его изменения был от 0 до 1. Преобразование осуществлялось по формуле (1).

$$\tilde{Y} = \frac{Y-15}{100} \quad (1)$$

В качестве уравнения связи между результативным и факторными показателями во всех моделях использовалась логистическая функция (формула (2))

$$\hat{Y}_i = \frac{e^{b_0 + b_1 \cdot x_{i1} + b_2 \cdot x_{i2} + \dots + b_k \cdot x_{ik}}}{1 + e^{b_0 + b_1 \cdot x_{i1} + b_2 \cdot x_{i2} + \dots + b_k \cdot x_{ik}}} \quad (2)$$

Нахождение регрессионных коэффициентов логистической модели производилось с помощью линеаризации, т.е. сведения задачи нахождения коэффициентов логистической функции к задаче нахождения коэффициентов линейной функции путем вычисления дополнительной переменной по формуле (3) и нахождения коэффициентов линейной модели (4) по методу наименьших квадратов.

$$\hat{y}_i^{\text{доп}} = \ln\left(\frac{1}{1-\hat{y}_i} - 1\right) \quad (3)$$

$$\widehat{\hat{y}_i^{\text{доп}}} = b_0 + b_1 \cdot x_{i1} + b_2 \cdot x_{i2} + \dots + b_k \cdot x_{ik} \quad (4)$$

В качестве факторов рассматривалось 5 показателей (возраст, индекс массы тела (ИМТ), сроки нарушения опороспособности конечности, Т-критерий (или Z-критерий) ДEXА, наличие деформации опорных зон). Значимость модели проверялась с использованием теста Фишера, значимость факторов - с помощью тестов Стьюдента. Во всех моделях средняя ошибка аппроксимации составила менее 15%, что свидетельствует о высоком качестве полученных моделей (таблица 10).

Таблица 10 — Регрессионные коэффициенты при различных нозологических формах деструктивно-дистрофических поражений тазобедренного сустава

Критерии оценки при различных нозологических формах деструктивно-дистрофических поражений ТБС	Регрессионные коэффициенты при лечении на основе системного подхода	Регрессионные коэффициенты при лечении без использования системного подхода
<b>Критерии пациентов с ОА</b>		
Intercept (свободный член уравнения)	3,610	2,178
Индекс массы тела	-0,066	-0,027
Наличие деформации опорных зон	-0,359	-0,395
Т-критерий (Z-критерий) ДEXА	0,081	0,070
Длительность нарушения опороспособности конечности	-0,274	-0,337
Средняя ошибка аппроксимации, %	10,94	11,83
<b>Критерии пациентов с АНГБ</b>		
Intercept (свободный член уравнения)	2,466	2,419
Возраст	-0,019	-0,0228
Наличие деформации опорных зон	-0,757	-0,551
Длительность нарушения опороспособности конечности	-0,240	-0,204
Средняя ошибка аппроксимации, %	12,18	9,63
<b>Критерии пациентов с ПТП</b>		
Intercept (свободный член уравнения)	2,724	1,394
Возраст	-0,032	-0,034
Наличие деформации опорных зон	-0,530	-0,641
Т-критерий (Z-критерий) ДEXА	0,234	0,273
Длительность нарушения опороспособности конечности	-0,173	-0,202
Средняя ошибка аппроксимации, %	9,01	13,72

Для расчета прогноза результативного показателя в зависимости от индивидуальных значений факторных показателей пациента. Для этого индивидуальные значения факторных показателей пациента подставлялись в соответствующее уравнение регрессии и рассчитывался индивидуальный прогноз по формуле (5).

$$\hat{Y}(x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0k}) = \frac{e^{b_0 + b_1 \cdot x_{01} + b_2 \cdot x_{02} + \dots + b_k \cdot x_{0k}}}{1 + e^{b_0 + b_1 \cdot x_{01} + b_2 \cdot x_{02} + \dots + b_k \cdot x_{0k}}} \quad (5)$$

Затем на его основе рассчитывался индивидуальный прогноз интегрального показателя фазового состояния соединительной ткани по формуле (6).

$$\hat{Y}(x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0k}) = \hat{Y}(x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0k}) \cdot 100 + 15 \quad (6)$$

Полученные результаты прогноза исхода по интегральному показателю фазового портрета на системном уровне, сравнивались между собой. Если прогнозируемый результат лечения на основе системного подхода статистически значимо превосходил предполагаемый результат при традиционном лечении, то выбор делался в пользу использования системного подхода.

Достижения современной ортопедии повысили ожидания результативности хирургического лечения по технологии артропластики не только у пациентов, но и у специалистов. Высокая эффективность и предсказуемость эндопротезирования расширили показания для лиц с пограничными состояниями и декомпенсированными поражениями тазобедренного сустава. Однако имплантация современного эндопротеза не обеспечивает реализацию повысившихся притязаний пациентов и полного восстановления структурно-функциональных стереотипов в связи с зависимостью результатов артропластики от фазового состояния соединительной ткани, особенностей взаимодействия системы макроорганизм–имплантат, ограниченностью полезных свойств искусственного кинематического узла. Поэтому эндопротезирование всегда сопровождается определенной долей осложнений и неудовлетворительных результатов. В связи с этим реализация хирургической технологии должна осуществляться с учетом фазового портрета пациента на интегративной основе, что раскрывает эффективность артропластики тазобедренного сустава в конкретной клинической ситуации. Системное мышление в ортопедии позволяет интегрировать многоуровневую информацию в любом масштабе функционирования системы и обеспечивает целенаправленную диагностику и лечение. Данный подход к пациентам с декомпенсированными деструктивно-дистрофическими поражениями тазобедренного сустава способствует объективному мониторингу на системном и локальном уровнях и подбору патогенетического лечения, что уменьшает риск осложнений, улучшает общее состояние здоровья и благополучие индивидуума. Структурно-функциональные стереотипы, подчиненные основной адаптивной реакции живой материи, в сущности, и определяют границы здоровья и патологии, а также тот биологический и эстетический идеал лечебного воздействия при патологии соединительной ткани, к которому призваны стремиться практикующие сегодня ортопеды.

## ВЫВОДЫ

1. Научный анализ периоперационного состояния пациентов с декомпенсированными деструктивно-дистрофическими поражениями тазобедренного сустава установил вариабельность функционального состояния по шкале Харриса (при первичном остеоартрозе  $37,86 \pm 6,35$  и  $89,70 \pm 10,17$  балла, асептическом некрозе головки бедра  $43,93 \pm 6,58$  и  $92,9 \pm 9,26$  балла, посттравматических поражениях  $30,2 \pm 7,04$  и  $80,62 \pm 12,49$  балла до артропластики и через 5 лет после операции соответственно), двигательной активности (при первичном остеоартрозе  $2574 \pm 544$  и  $4495 \pm 1362$  шагов в сутки, асептическом некрозе головки бедра  $2597 \pm 617$  и  $5187 \pm 1468$  шагов, посттравматических поражениях  $1253 \pm 625$  и  $3657 \pm 1597$  шагов - до артропластики и через 5 лет после операции соответственно), болевого синдрома (при первичном остеоартрозе  $6,73 \pm 0,81$  см и  $1,31 \pm 0,73$  см, асептическом некрозе головки бедра  $6,44 \pm 0,88$  см и  $0,93 \pm 0,64$  см, посттравматических поражениях  $7,22 \pm 1,07$  см и  $2,12 \pm 1,13$  см до артропластики и через 5 лет после операции соответственно) и качества жизни в зависимости от этиологического фактора, степени декомпенсации, которые напрямую связаны с развитием системных и локальных нарушений.

2. Систематизация осложнений хирургического лечения пациентов с декомпенсированными деструктивно-дистрофическими поражениями тазобедренного сустава по технологии артропластики выявила общую частоту их развития в 44,26% случаев, приводящих к неудовлетворительным результатам у 7,38% индивидуумов, среди которых возникла необходимость проведения ревизионного эндопротезирования у 4,92% пациентов. Среди интраоперационных осложнений преобладали переломы вертельной зоны (7,38%), в послеоперационном периоде чаще отмечались низкоэнергетические переломы аксиального и периферического скелета (31,15%), контрактуры тазобедренного (24,59%) и коленного (18,03%) суставов, асептический остеолит перипротезной зоны (3,28%). Осложнения были обусловлены нарушениями костного метаболизма (снижение МПКТ), грубыми нарушениями стартового кинематического баланса и смещенным позиционированием имплантата.

3. Сравнительное исследование параметров клинико-лучевого мониторинга состояния опорно-двигательной системы пациентов с деструктивно-дистрофическими поражениями тазобедренного сустава выявило сочетание прогрессирующих системных и локальных изменений, сопровождающихся снижением плотности костной ткани, развитием кист, склероза, наличием дефектов и деформаций проксимального отдела бедра и вертлужной впадины, атрофией мышечной ткани, которые превалировали при посттравматических поражениях (96,4% пациентов) и были менее выраженными при первичном остеоартрозе (46,26%) и асептическом некрозе головки бедра (18,13%), что влияло на результаты эндопротезирования и характер стрессового ремоделирования после артропластики.

4. Сравнительный анализ кинематического баланса пациентов с деструктивно-дистрофическими поражениями тазобедренного сустава выявил волнообразное прогрессирование хромоты и асимметрии ходьбы, снижение функциональных возможностей и выносливости организма, которые в стадии декомпенсации сопровождаются грубым смещением общего центра давления, увеличением длины (от 251 до 282,6мм) и площади (137 – 155,3мм<sup>2</sup>) статокинезиограммы, фронтальной асимметрией (220,9 – 247,1%) и снижением энергоэффективности баланса (56,6 – 71,2%), вызванных структурной несостоятельностью сегментов тазового пояса. В общей палитре биомеханических пороков наиболее достоверным индикатором двигательных дисфункций была амплитуда сгибания в пораженном тазобедренном суставе при тестовой нагрузке, которая в более значительной степени уменьшалась у пациентов с посттравматическими поражениями, чем у лиц с первичным остеоартрозом (в 1,04 раза) и асептическим некрозом головки бедра (в 1,29 раза).

5. Изучение макро- и микроструктуры тазобедренного сустава обнаружило сочетание дистрофических и воспалительных процессов с более обширными изменениями периартикулярных структур при первичном остеоартрозе и посттравматических поражениях в отличие от асептического некроза головки бедра. Отмечалось нарушение пространственной упорядоченности и значительное увеличение отклонения профиля рельефа  $RS_a$  на 10,2 – 25,8% в преимущественной зоне нагрузки в отличие от малонагружаемых участков с незначительными изменениями суставного хряща. Сравнительный анализ трибологических характеристик тазобедренных суставов при деструктивно-дистрофическом поражении в эксперименте на лабораторных животных установил увеличение адгезионной составляющей коэффициента трения  $f_m$  в суставах с моделью посттравматического остеоартроза в 2,0-2,42 раза в условиях биологической среды и в 2,73-2,93 раза при сухом трении.

6. Оценка распределения напряжений на основе конечного элементного моделирования в перипротезной зоне вертлужной впадины и бедра при наличии дефектов и деформации пораженного сегмента после редуционно-реконструктивных вмешательств на проксимальном отделе бедра и последствий переломов вертлужной впадины, выявила увеличение концентрации напряжений в 3 раза (с 1 до 3 Мпа) вокруг дефектов костной ткани.

7. Анализ постимплантационных изменений выявил выраженную деформацию профиля рельефа поверхности трения компонентов эндопротезов, которая отмечалась на микро- и мезоуровне в паре трения «металл-металл» с косвенными признаками коррозии и формирования «раковин» в обоих компонентах эндопротеза. В отдаленном периоде после артропластики глубина износа в приоритетной зоне нагрузки вкладыша из поперечно-связанного полиэтилена составила 1,96 мм, для головки эндопротеза из металла (CoCrMo) - 0,104 мм, головки из алюминиевой керамики - 0,014 мм. Сравнительный анализ адгезионного взаимо-

действия 10 различных пар трения с диапазоном нагрузок 500 – 10000 Н в условиях биологической среды и сухого трения продемонстрировал изменения среднего значения адгезионной составляющей коэффициента трения, которое было наиболее оптимальным в парах трения «керамика-керамика».

8. Предоперационное проектирование артропластики тазобедренного сустава с применением автоматизированной программы TraumaCad и 3D-моделирования с оценкой состояния тазового пояса и опорных зон позволило повысить точность определения размеров компонентов искусственного сустава (на 3,47% при остеоартрозе, на 3,91% при асептическом некрозе головки бедра, на 31,02% при посттравматических поражениях), выбрать оптимальное положение для имплантата и уменьшить количество случаев смещенного позиционирования компонентов эндопротеза и связанных с ними осложнений.

9. Анализ акустической эмиссии выявил уровень амплитудно-частотных характеристик, соответствующих оптимальному положению имплантата, для вертлужного компонента - преобладание частоты колебаний в диапазоне 700–750 Гц с амплитудой 30 - 35 дБ, а для бедренного компонента - частота звуковых колебаний в диапазоне 1800-2000 Гц при амплитуде 30 – 40 дБ, что позволяет усовершенствовать установку эндопротеза и уменьшить риск интраоперационных переломов. Экспериментальное исследование акустической эмиссии в ультразвуковом диапазоне установило преимущественный фон от 35 до 49 дБ при плотной посадке бедренного компонента, а предиктором развития перелома бедра была плотная серия импульсов с быстрым увеличением амплитуды сигналов.

10. Интегральная оценка фазового состояния соединительной ткани на основе факторного анализа позволила определить выраженность системных и локальных изменений при деструктивно-дистрофических заболеваниях тазобедренного сустава, отражающих структурно-функциональные нарушения пораженного сегмента и опорно-двигательной системы в целом. Значение данного показателя более 75% к популяционной норме оценивалось как компенсация, от 40 до 75% как субкомпенсация, менее 40% как декомпенсация.

11. Разработанная программа периоперационной реабилитации и лечения пациентов с декомпенсированными деструктивно-дистрофическими поражениями тазобедренного сустава на основе системного подхода по сравнению с традиционной методикой реабилитации обеспечивает улучшение функционального состояния (на 1,59 балла при остеоартрозе,  $p > 0,05$ ; на 0,68 балла при асептическом некрозе головки бедра,  $p > 0,05$ ; на 5,05 балла при посттравматических поражениях,  $p < 0,05$ ), увеличение двигательной активности (на 203 шага при остеоартрозе,  $p > 0,05$ ; на 256 шагов при асептическом некрозе головки бедра,  $p > 0,05$ ; на 655 шагов при посттравматических поражениях,  $p < 0,05$ ), уменьшение уровня боли (на 0,02 см при остеоартрозе,  $p > 0,05$ ; на 0,07 см при асептическом некрозе головки бедра,  $p > 0,05$ ; на 0,6 см при посттравматических поражениях,  $p < 0,05$ ) в пользу пациентов основной группы.

12. Сравнительный анализ результатов артропластики в основной и контрольной группах по интегральному показателю фазового состояния соединительной ткани показал эффективность разработанной концепции хирургического лечения при деструктивно-дистрофических поражениях тазобедренного сустава на основе системного подхода в виде улучшения показателей компонент локального и системного уровней на 2,38 % и 2,3 % при остеоартрозе, на 1,61 % и 1,84 % при асептическом некрозе головки бедра, на 5,62 % и 4,37 % при посттравматических поражениях и уменьшения частоты осложнений на 6,02%.

Разработанный способ прогнозирования исхода артропластики позволил выбрать наиболее оптимальный лечебный подход. Клинические рекомендации внедрены в практику ортопедотравматологических и реабилитационных отделений, что улучшило результаты хирургического лечения по технологии артропластики пациентов с декомпенсированными деструктивно-дистрофическими поражениями тазобедренного сустава.

### **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. Деструктивно-дистрофические поражения тазобедренного сустава вне зависимости от этиологического фактора сопровождаются универсальными реакциями на локальном и системном уровнях, что объективно иллюстрируется на основе лучевого мониторинга, биомеханической оценки кинематического баланса, исследования болевого синдрома, двигательной активности, функционального состояния и качества жизни, позволяющее провести интегративную оценку состояния пациентов и определить степень компенсации патологического процесса.

Системный подход объективизирует состояние пациентов, оценивает степень адаптации и оптимизирует выбор патогенетического лечения, что предупреждает ошибки и осложнения при хирургических вмешательствах.

2. Исследование состояния опорно-двигательной системы при деструктивно-дистрофических поражениях рекомендуется проводить на основе лучевого мониторинга с использованием рентгенографии, компьютерной и магнитно-резонансной томографии, остеоденситометрии, остеосцинтиграфии, что обеспечивает объективную оценку структурной несостоятельности костной ткани, дифференциальную диагностику и прогноз эффективности хирургической технологии.

3. Комплексное обследование пациентов с патологией тазобедренного сустава должно проводиться с учетом кинематического баланса, как наиболее чувствительного показателя структурно-функциональных дисфункций и степени компенсации патологии, что обеспечивает патогенетическую терапию и оптимизирует хирургическое лечение по технологии артропластики.

4. Предоперационное проектирование артропластики тазобедренного сустава целесообразно проводить на основе автоматизированных компьютерных программ, объемного моделирования, аддитивных технологий и оценки опорных зон, позволяющих оптимизировать позиционирование имплантата с учетом осо-

бенностей анатомии сегмента и вида эндопротеза, что наиболее актуально у пациентов с наличием деформации сегмента и дефектов костной ткани.

5. Адгезионные свойства, износостойкость и биоинертность материалов искусственного кинематического узла, особенности функционирования различных трибологических пар эндопротезов тазобедренного сустава при взаимодействии системы макроорганизм–имплантат должны учитываться при проведении артропластики тазобедренного сустава

6. Интраоперационный анализ амплитудно-частотных характеристик звуковых и ультразвуковых колебаний с помощью многофункционального спектроанализатора Spectrogram 16 при установке вертлужного и бедренного компонентов эндопротеза тазобедренного сустава позволяет определить оптимальную плотность посадки имплантата и уменьшить частоту осложнений.

7. Программа реабилитации пациентов с деструктивно-дистрофическими поражениями тазобедренного сустава должна строиться по принципам персонализированной медицины, проводиться в периоперационном периоде на основе системной оценки с определением интегрального показателя фазового состояния соединительной ткани, предварительного прогноза исхода и реабилитационных ожиданий.

8. Артропластику тазобедренного сустава у пациентов с остеоартрозом и АНГБ рекомендуется проводить в течение первых шести месяцев с момента развития клинической манифестации патологии вследствие высокого риска развития необратимых изменений на локальном и системном уровнях.

9. Эндопротезирование тазобедренного сустава у пациентов с посттравматическими поражениями после чрезвертельных переломов следует проводить после достижения реституции костной ткани, при этом предпочтение должно отдаваться ревизионным системам или бедренным компонентам с оптимальным распределением векторов напряжения на опороспособные структуры.

10. При выявлении признаков высокого риска инфекционных осложнений в связи с несостоятельным остеосинтезом рекомендовано двухэтапное хирургическое лечение: 1-й этап – удаление металлоконструкции, установка артикулирующего опороспособного цементного спейсера с антибиотиком, 2-й этап – тотальная артропластика тазобедренного сустава.

11. Проведение артропластики контралатерального тазобедренного сустава при декомпенсированном поражении с обеих сторон целесообразно выполнять на основании исходной и промежуточной интегральной оценки фазового состояния соединительной ткани через 3-6 месяцев после первичного эндопротезирования.

12. Периоперационная медикаментозная коррекция нарушенного костного метаболизма на фоне стрессового ремоделирования способствует улучшению исходов артропластики тазобедренного сустава в связи с уменьшением потери МПКТ.

**СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. Хирургическое лечение несросшихся переломов, ложных суставов и деформаций крупных сегментов скелета / Б.Ш. Минасов, И.Н. Зиганшин, И.Э. Нигамедзянов, А.М. Галеев, Р.Р. Якупов // Медицинский вестник Башкортостана: сборник научных трудов VI съезда Ассоциации травматологов, ортопедов и протезистов Республики Башкортостан «Актуальные вопросы травматологии и ортопедии», 23 ноября 2007г. – Уфа: Изд-во БГМУ. – С.25-28.
2. Хирургическое лечение повреждений проксимального отдела бедра / Б.Ш. Минасов, А.Ф. Аскарлов, Р.И. Еникеев, Р.Р. Якупов, Г.Н. Филимонов, И.Э. Косумов // Медицинский вестник Башкортостана: сборник научных трудов VI съезда Ассоциации травматологов, ортопедов и протезистов Республики Башкортостан «Актуальные вопросы травматологии и ортопедии», 23 ноября 2007г. – Уфа: Изд-во БГМУ. – С.28-30.
3. Остеоденситометрия в диагностике остеопороза / Б.Ш. Минасов, Р.Р. Якупов., И.Н. Зиганшин // Медицинский вестник Башкортостана: сборник научных трудов VI съезда Ассоциации травматологов, ортопедов и протезистов Республики Башкортостан «Актуальные вопросы травматологии и ортопедии», 23 ноября 2007г. – Уфа: Изд-во БГМУ. – С.145-146.
4. Хирургическое лечение повреждений проксимального отдела бедра / Б.Ш. Минасов Р.Р. Якупов, И.Э. Косумов, Г.Н. Филимонов // Современная ортопедическая теория и практика: сборник научных трудов VII съезда Ассоциации травматологов, ортопедов и протезистов Республики Башкортостан. – Уфа: Изд-во БГМУ, 2008. С. 34-38.
5. Прочностные характеристики системы кость-имплантат-кость в условиях стандартного остеосинтеза при переломах проксимального отдела бедра / М.Ю. Ханин, Р.Р. Якупов, Т.Б. Минасов // Современная ортопедическая теория и практика: сборник научных трудов VII съезда Ассоциации травматологов, ортопедов и протезистов Республики Башкортостан. – Уфа: Изд-во БГМУ, 2008. С. 51-54.
6. Экспериментальный остеопороз у крыс / Р.Р. Якупов, С.И. Рахматуллин, Р.Б. Ибатуллина, Ф.А. Каюмов // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра РАМН: материалы Всероссийской научно-практической конференции с между-народным участием «Профессиональные интоксикации: гигиенические, клинические и экспериментальные исследования», №1(65). – 2009. - С.290-292.
7. Выбор хирургических технологий при повреждениях проксимального отдела бедра / Б.Ш. Минасов, Р.Р. Якупов, М.Ю. Ханин, Т.Б. Минасов // Центрально-Азиатский медицинский журнал: материалы I Евразийского конгресса травматологов-ортопедов, Том XV, приложение 3. - 2009. - С.306-308.
8. Актуальные аспекты выбора хирургических технологий при повреждениях проксимального отдела бедра / Б.Ш. Минасов, Р.Р. Якупов, И.Э. Косумов, Т.Б. Минасов // Травматология және ортопедия: материалы I Съезда травматологов-ортопедов Республики Казахстан «Современные технологии диагностики, лечения

и реабилитации в травматологии и ортопедии». - №2 (16). - 2009. - С. 219-221.

9. **Результаты стендовых испытаний системы кость-имплантат-кость в условиях стандартного остеосинтеза при переломах проксимального отдела бедра / Б.Ш. Минасов, М.Ю. Ханин, Р.Р. Якупов, Т.Б. Минасов // Казанский медицинский журнал. – 2010. - №1. – С.40-44.**

10. **Сравнительные характеристики стандартных и удлиненных фиксирующих систем при реконструкции проксимального отдела бедра / М.Ю. Ханин, Б.Ш. Минасов, Р.Р. Якупов, Т.Б. Минасов, С.И. Рахматуллин // Медицинский вестник Башкортостана. - 2010. - Том 5, N 2. – С. 89-93.**

11. **Экспериментальное моделирование восстановления костной ткани при стероидном остеопорозе у крыс / Р.Р. Якупов, С.И. Рахматуллин, Ф.А. Каюмов, Р.Б. Ибатуллина // Медицина труда и промышленная экология. - №1. – 2010. – С. 42-44.**

12. **Оценка результатов лечения переломов проксимального отдела бедра / Б.Ш. Минасов, Р.Р. Якупов, М.Ю. Ханин, Т.Б. Минасов // Современные повреждения и их лечение: материалы международной юбилейной научно-практической конференции, посвященная 200-летию со дня рождения Н.И.Пирогова. - М. 2010, с. 138-139.**

13. **Ортопедический damage-control при повреждениях таза у пациентов с политравмой / М.Ю. Ханин, Б.Ш. Минасов, Р.Р. Якупов, Т.Б. Минасов, Б.Г. Загитов // Практическая медицина, 2011. - №6 (54). – С.122-125.**

14. **Функциональное состояние больных с чрезвертельными переломами бедра в зависимости от лечебных технологий / Б.Ш. Минасов, Н.Н. Аслямов, Р.Р. Якупов, Т.Б. Минасов, И.Э. Косумов // Гений ортопедии. - 2013 - № 2.- С. 16-21.**

15. **Трибологические характеристики различных пар трения при артропластике крупных суставов / Б.Ш. Минасов, Л.Ш. Шустер, Р.Р. Якупов, Т.Б. Минасов // Медицинский вестник Башкортостана. - 2013. - №6. - С.158 – 161.**

16. **Сравнительные характеристики различных пар трения, используемых при артропластике тазобедренного сустава / Б.Ш. Минасов, Л.Ш. Шустер, Р.Р. Якупов, И.Р. Асланян, С.В. Чертовских, Т.Б. Минасов, И.И. Емаев // Гений ортопедии. - 2014. - № 3. С. 49-52.**

17. **Влияние антирезорбтивной терапии на ремоделирование костной ткани в периимплантной зоне / И.Р. Гафаров, Т.Б. Минасов, Р.Р. Якупов, А.А. Файзуллин, А.О. Гинойн, Р.А. Саубанов // Электронный научно-практический журнал Здоровье семьи – 21 век.. №4(4). – 2014. - С. 9-22. Режим доступа: <http://fh-21.perm.ru/download/02-4-2014.pdf>.**

18. **Хирургическое лечение больных с чрезвертельными переломами бедра / Б.Ш. Минасов, Р.Р. Якупов, А.Ф. Аскарров, Т.Б. Минасов, К.К. Каримов, Т.Э. Хаиров // Травматология және Ортопедия: материалы II съезда травматологов-ортопедов Республики Казахстан, 2-3 октября 2014 г., г.Астана. - С. 96-101.**

19. Трибологические характеристики эндопротезов, используемых при артропластике тазобедренного сустава / Б.Ш. Минасов, Л.Ш. Шустер, Р.Р. Якупов, И.Р. Асланян, С.В. Чертовских, Т.Б. Минасов, И.И. Емаев // Травматология және Ортопедия: материалы II съезда травматологов-ортопедов Республики Казахстан 2-3 октября 2014 г., г. Астана. - С. 205-209.
20. Сравнительные характеристики трибологических свойств эндопротезов при артропластике тазобедренного сустава / Р.Р. Якупов, Т.Б. Минасов // Материалы X юбилейного Всероссийского съезда травматологов-ортопедов. Москва, 16-19 сентября 2014. – С.413.
21. Исходы артропластики при переломах шейки бедренной кости (клинико-лучевой мониторинг) / И.Р. Гафаров, Р.Р. Якупов, Т.Б. Минасов, Т.Э. Хаиров, А.Р. Трубин, А.А. Файзуллин, Р.А. Саубанов // Электронный научно-практический журнал Здоровье семьи – 21 век.. №1(1). – 2015. - С. 44-56. Режим доступа: <http://fh-21.perm.ru/download/5-1-2015.pdf>.
22. Функциональная реабилитация пациентов после артропластики с остеоартрозом контралатерального тазобедренного сустава / И.Р. Гафаров, Р.Р. Якупов, Р.А. Саубанов, А.О. Гинойян, Т.Б. Минасов // Уральский медицинский журнал. – 2015. - №01 (124). - С. 121-125.
23. Выбор технологии артропластики тазобедренного сустава с учетом трибологических характеристик эндопротезов / Р.Р. Якупов, Б.Ш. Минасов, Л.Ш. Шустер, К.Х. Сироджов, С.В. Чертовских, К.К. Каримов, И.И. Емаев, А.А. Коршунов, А.Р. Трубин, Т.Э. Хаиров // Уральский медицинский журнал. – 2015. - №02 (125). - С. 141-147.
24. Хирургическое лечение асептического некроза головки бедренной кости по технологии артропластики тазобедренного сустава / Р.Р. Якупов, И.Р. Гафаров, Г.Н. Филимонов, К.Х. Сироджов, Т.Э. Хаиров, К.К. Каримов, А.Р. Трубин, Б.Г. Загитов // Уральский медицинский журнал. – 2015. - №02 (125). - С. 148-152.
25. Отдаленные результаты лечения пациентов с асептическим некрозом головки бедра по технологии артропластики / Р.Р. Якупов, И.Р. Гафаров, Г.Н. Филимонов, К.Х. Сироджов, Т.Э. Хаиров, К.К. Каримов, А.Р. Трубин, Б.Г. Загитов, Р.А. Акчурина // Уральский медицинский журнал. – 2015. - №03 (126). - С. 64-69.
26. Анализ результатов артропластики тазобедренного сустава после остеосинтеза проксимального отдела бедра / Б.Ш. Минасов, Р.Р. Якупов, Т.Э. Хаиров, И.Р. Гафаров, К.Х. Сироджов, К.К. Каримов, Г.Н. Филимонов, А.Р. Трубин // Уральский медицинский журнал. – 2015. - №05 (128). - С.90-96.
27. Эндопротезирование тазобедренного сустава при посттравматических поражениях вертлужной впадины / Р.Р. Якупов, Б.Ш. Минасов, Б.Г. Загитов, И.Р. Гафаров, К.Х. Сироджов, К.К. Каримов, А.Р. Трубин, Т.Э. Хаиров, Г.Н. Филимонов // Уральский медицинский журнал. – 2015. - №05 (128). - С. 97-104.
28. Хирургическое лечение пациентов с посттравматическими

поражениями проксимального отдела бедра по технологии артропластики / Б.Ш. Минасов, Р.Р. Якупов, А.Ф. Аскарлов, К.Х. Сироджов, Т.Э. Хаиров, К.К. Каримов, И.Р. Гафаров, Г.Н. Филимонов // Медицинский вестник Башкортостана. – 2015. - Том 10, №4. - С.29-35.

29. Сравнительный анализ результатов артропластики тазобедренного сустава на основе биометрии фаз опоры и ходьбы / Б.Ш. Минасов, Р.Р. Якупов, А.Ф. Аскарлов, Т.Э. Хаиров, К.Х. Сироджов, К.К. Каримов, К.И. Шурмелев // Медицинский вестник Башкортостана. – 2015. - Том 10, №4. - С. 35-40.

30. Артропластика тазобедренного сустава после редуционно-реконструктивных вмешательств на проксимальном отделе бедра / Б.Ш. Минасов, Р.Р. Якупов, Т.Э. Хаиров, И.Р. Гафаров, К.Х. Сироджов, К.К. Каримов, Г.Н. Филимонов, А.Р. Трубин // Журнал клинической и экспериментальной ортопедии им. Г.А. Илизарова. - 2015. - №4. - С. 21-26.

31. Особенности эндопротезирования тазобедренного сустава при посттравматических поражениях проксимального отдела бедра / Б.Ш. Минасов, Р.Р. Якупов, Т.Э. Хаиров, А.Т. Бикмеев, К.Х. Сироджов, К.К. Каримов, Г.Н. Филимонов // Политравма. – 2015. - №4. - С. 19-27.

32. Биометрия фаз опоры и ходьбы при деструктивно-дистрофических поражениях тазобедренного сустава / И.Р. Гафаров, Б.Ш. Минасов, Р.Р. Якупов, К.Р. Шурмелев, Т.Э. Хаиров, К.К. Каримов, Г.Н. Филимонов // Практическая медицина. – 2015. - №6(91). - С.98-103.

33. Особенности артропластики тазобедренного сустава после редуционно-реконструктивных вмешательств на проксимальном отделе бедра / Б.Ш. Минасов, Р.Р. Якупов, Т.Э. Хаиров, Гафаров И.Р., К.Х. Сироджов, К.К. Каримов, Г.Н. Филимонов, А.Р. Трубин // Исследования и практика в медицине. – 2015. - Том 2, № 3. - С. 10-18.

34. Features of bone metabolism in patients on background lesions of the proximal femur type 31 B2 and 31 B3 / I. R. Gafarov, T. B. Minasov, R.R. Yakupov // Osteoporosis international. Vol. 26. Supplement 1. March 2015. – P502.

35. Modern approaches to the treatment of patients after arthroplasty of the hip joint based on the assessment of segmental mineral metabolism / I.R. Gafarov, R.R. Yakupov, T.B. Minasov, R.Mustaev // Osteoporosis international. Vol. 26. Supplement 1. March 2015. – P. 502.

36. Интегральная оценка состояния пациентов с декомпенсированными деструктивно-дистрофическими поражениями тазобедренного сустава / Б.Ш. Минасов, К.К. Каримов, Р.Р. Якупов, К.Х. Сироджов // Тезисы докладов научно-практической конференции травматологов-ортопедов Узбекистана «Актуальные проблемы травматологи и ортопедии», Бухара, 3-4 июня 2016г. – С. 88-89.

37. Трибологические характеристики эндопротезов тазобедренного сустава / Л.Ш. Шустер, С.В. Чертовских, Б.Ш. Минасов, Р.Р. Якупов, И.И. Емаев // Трение и износ. – 2016. - Том 37, №1. – С.5-11.

38. Постимплантационные изменения компонентов эндопротезов тазобедренного сустава / Р.Р. Якупов, А.В. Сисанбаев, К.Х. Сироджов, Т.Э. Хаиров, И.Р. Гафаров, К.К. Каримов, А.Р. Трубин, Г.Н. Филимонов // Медицинская техника. – 2016. - №1 (295). – С.41-45.
39. Анализ постимплантационных изменений компонентов эндопротезов тазобедренного сустава на основе 3D лазерной микроскопии / Р.Р. Якупов, Б.Ш. Минасов, А.В. Сисанбаев, Т.Э. Хаиров, К.Х. Сироджов, К.К. Каримов, И.И. Емаев // Лазерная медицина. – 2016. - Т.20, вып.2. - С 49-54.
40. Postimplantation Changes in Components of Hip Endoprostheses / R.R. Yakupov, A.V. Sisanbaev, K.H. Sirodzhov, T.E. Khairov, I.R. Gafarov, K.K. Karimov, A.R. Trubin, G.N. Filimonov // Biomedical Engineering. – Vol.50, №1. – 2016. – pp. 58-62.
41. Анализ результатов лечения деструктивно-дистрофических поражений тазобедренного сустава по технологии артропластики / Б.Ш. Минасов, Р.Р. Якупов, И.Р. Гафаров, К.Х. Сироджов, А.Р. Трубин, Г.Н. Филимонов, К.К. Каримов // Медицинский вестник Башкортостана. – 2016. - Том 11, №2 (62). - С. 31-35.
42. Результаты эндопротезирования тазобедренного сустава после остеосинтеза проксимального отдела бедра / Б.Ш. Минасов, Р.Р. Якупов, Т.Э. Хаиров, И.Р. Гафаров, К.Х. Сироджов, К.К. Каримов, Г.Н. Филимонов, А.Р. Трубин // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. - 2016. - Т. 175. № 3. - С. 35-39.
43. Системный подход к артропластике тазобедренного сустава при деструктивно-дистрофических поражениях / Якупов Р.Р., Минасов Б.Ш. // Медицинский вестник Башкортостана. – 2016. - Том 11, №3 (63). - С.23-28.
44. Сравнительное исследование адгезионной составляющей трения в эндопротезах тазобедренного сустава / Б.Ш. Минасов, Р.Р. Якупов, Л.Ш. Шустер, С.В. Чертовских, И.И. Емаев, Г.Н. Филимонов, А.А. Коршунов, Т.Э. Хаиров // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, 2016. - №1. – С. 71-75.

#### Учебные пособия:

1. Рентгенодиагностика повреждений и заболеваний тазобедренного сустава (пособие для врачей) / Б.Ш. Минасов, И.Р. Шурмелев, Р.Р. Якупов // Уфа: Изд-во ООО ПКП «ДАР», 2000. – 104с.
2. Остеопороз в практике врача первичного звена (учебное пособие) / Б.Ш. Минасов, М.Ю. Ханин, Якупов Р.Р., Минасов Т.Б. // Уфа: Изд-во ГОУ ВПО «БГМУ Росздрава», 2011. – 69с.
3. Повреждения бедра и тазобедренного сустава (учебное пособие) / Б.Ш. Минасов, М.Ю. Ханин, Р.Р. Якупов, Т.Б. Минасов // Уфа: Изд-во ГОУ ВПО «БГМУ Росздрава», 2011. – 35с.