

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ПЕРВЫЙ МОСКОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
И.М. СЕЧЕНОВА МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (СЕЧЕНОВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

*На правах рукописи*



Дгебуадзе Георгий

**Робот-ассистированное эндопротезирование тазобедренного сустава  
при дисплазии**

3.1.8. Травматология и ортопедия

Диссертация

на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

**Научный руководитель:**

доктор медицинских наук, профессор

Грицюк Андрей Анатольевич

Москва – 2026

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТОВ В ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).....	12
1.1 История развития роботизированной техники.....	12
1.2 Роботизированное эндопротезирование тазобедренного сустава: разновидности, преимущества и недостатки.....	17
1.3 Традиционное эндопротезирование тазобедренного сустава при дисплазии.....	25
1.4 Реабилитационные мероприятия после эндопротезирования тазобедренного сустава.....	29
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	35
2.1 Дизайн исследования.....	35
2.2 Характеристика пациентов.....	38
2.3 Методики обследования.....	39
2.3.1 Клиническое обследование и тестирование.....	39
2.3.2 Инструментальные методы.....	44
2.4 Проводимое лечение.....	50
2.5 Методы статистической обработки.....	51
ГЛАВА 3. МЕТОДИКА РОБОТ-АССИСТИРОВАННОГО ТОТАЛЬНОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА ПРИ ДИСПЛАЗИИ.....	53
3.1 Общая характеристика роботизированной системы МАКО и её компонентов.....	53
3.2 Предоперационное КТ-сканирование: протокол и требования.....	54
3.3 Предоперационное планирование робот-ассистированного эндопротезирования.....	56
3.4 Техника выполнения робот-ассистированной операции (МАКО ТНА).....	61

3.5 Клинические примеры робот-ассистированного эндопротезирования при дисплазии.....	80
ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	91
4.1 Результаты клинического и рентгенологического исследований.....	91
4.2. Ошибки и осложнения.....	101
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	108
ВЫВОДЫ.....	116
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	117
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	118
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	119
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	146
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	147
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	148
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	151
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	153

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность темы исследования

Дисплазия тазобедренного сустава (ДТС) – дегенеративно-дистрофическое заболевание вследствие врожденного недоразвития тазобедренного сустава и приобретенной формой в процессе развития, при котором деформация суставных концов костей проявляется в изменении формы и глубины вертлужной впадины, изменении шеечно-диафизарного угла и проксимального отдела бедренной кости [16, 86, 128, 145].

ДТС является ведущим предвестником остеоартроза и встречается почти 40 % пациентов с патологией тазобедренного сустава [106, 133, 200]. Современное тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава остается отличным вариантом хирургического лечения для тяжелых случаев ДТС. Трудности могут возникнуть из-за анатомических аномалий и предыдущих операций [67, 95, 96, 113, 152, 187].

Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава (ТЭТС) при ДТС сопряжено с большими сложностями, чем рутинная первичная замена при остеоартрите. К ним относятся дефицит стенок костей вертлужной впадины, разница в длине конечностей и аномальная антеверсия шейки бедренной кости. Трехмерное планирование и роботизированная техника римирирования кости могут помочь выполнить эти сложные этапы операции и сделать их более быстро, точно и надежно [67, 95, 171, 188, 215].

При запущенных стадиях диспластического остеоартроза (ДОА) – ТЭТС является наиболее эффективным, а порой и единственным хирургическим методом лечения тазобедренного сустава, который позволяет эффективно снижать болевой синдром, увеличить объем движений, восстановить ось и длину конечности [77, 111, 151, 152, 181, 184, 209]. Количество операций ТЭТС в ближайшие десятилетия, по прогнозам зарубежных специалистов, продолжит увеличиваться [147, 173].

Эндопротезирование сустава при дисплазии направлена на увеличение подвижности, снижение болевого синдрома, выравнивание длины конечности и улучшение качества жизни пациента [67, 76, 77, 95, 113]. Постоянно совершенствуются конструкции эндопротезов и инструментов для их установки, а также техника хирургического вмешательства. Положение компонента влияет на функциональный результат, долговечность и риск осложнений. Робот-ассистент помогает хирургу в точной имплантации всех компонентов эндопротеза с возможностью визуализации и интраоперационного контроля [77, 101, 111, 139, 147].

Применение роботизированных методов направлено на повышение точности хирургических манипуляций, на обеспечение предоперационного планирования типа имплантата, его размеров и положение элементов протеза [77, 111, 139, 171, 181, 209].

Внедрение роботизированных технологий в клиническую практику хирургического лечения диспластического остеоартроза тяжелой степени тяжести может быть полезна хирургу при планировании и выполнении хирургических операций, так как точность выполняемых манипуляций является залогом успеха и благоприятного результата для пациента, возможности оптимизации работы лечебных учреждений за счет уменьшения продолжительности пребывания пациента в стационаре и снижения частоты инвалидизации и смертности [73, 76, 113, 181, 184], что обуславливает актуальность нашего исследования.

### **Степень разработанности темы исследования**

Внедрение компьютерной навигации в хирургической практике с целью повышения технической точности хирургических вмешательств датировано 1980-ми годами. В 1985 г. была разработана первая роботизированная платформа, используемая на пациенте, для проведения нейрохирургических биопсий под названием Programmable Universal Machine for Assembly 200 (PUMA) [71]. В 1992 г. для использования при протезировании тазобедренного сустава была

разработана система Robodoc® Surgical System, управляемая по изображению и позволяющая оптимизировать размер протеза в зависимости от конституциональных особенностей конкретного пациента [105]. К настоящему времени робот-ассистированное эндопротезирование (от роботизированной хирургической системы THA ROBODOC до широко используемой в настоящее время роботизированной хирургической системы MAKO) в первую очередь предназначена для уменьшения отклонений при размещении протеза, вызванных человеческой ошибкой, тем самым максимально полно восстанавливая кинематику суставов, уменьшая нестабильность или столкновение и улучшая результаты лечения пациентов [76, 77, 152, 171, 209, 215]. Роботизированная навигационная система MAKO (Stryker Corporation, США, MAKO Robot) позволяет имплантировать компоненты эндопротеза с точностью до 1 мм и 1 градуса с учетом индивидуальных особенностей каждого пациента [67, 95, 113, 151, 152, 188, 215]. Во многих странах мира робот-ассистированная система Мако продемонстрировала положительные результаты ТЭТБ при ДТС. В зарубежной литературе имеются публикации о преимуществах этого метода [76, 113, 151, 152, 171, 181, 215, 216]. В отечественной литературе таких данных нет.

### **Цель и задачи исследования**

#### **Цель исследования:**

Целью настоящего исследования является улучшение результатов первичного ТЭТС за счет адаптации применения роботических технологий у пациентов с дисплазией тазобедренного сустава.

#### **Задачи исследования:**

1. Адаптировать методику робот-ассистированного ТЭТС (раТЭТС) для пациентов с дисплазией тазобедренного сустава;
2. Доказать безопасность и эффективность выполнения операции раТЭТС на фоне дисплазии тазобедренного сустава;

3. Обосновать для пациентов с дисплазией тазобедренного сустава преимущества ратЭТС перед традиционной мануальной техникой;

4. Разработать рекомендации для практического здравоохранения по применению ратЭТС при дисплазии тазобедренного сустава.

### **Научная новизна**

Впервые технология робот-ассистированных операций тотального эндопротезирования тазобедренного сустава адаптирована к специфике пациентов с дисплазией, имеющих измененные анатомические ориентиры.

Доказана возможность и целесообразность использования роботической установки МАКО для выполнения операций ТЭТС у пациентов с дисплазией тазобедренного сустава, что позволяет упростить и повысить точность выполнения операции.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Применение роботической системы МАКО при выполнении ТЭТС у пациентов с дисплазией тазобедренного сустава позволяет улучшить результаты лечения за счет сокращения времени хирургического этапа операции, возможности более точного позиционирования компонентов эндопротеза и восстановления длины конечности.

Доказанная эффективность выполнения операций ТЭТС с использованием роботических технологий при диспластических деформациях тазобедренного сустава расширяет возможности успешной артропластики у пациентов, для которых методом выбора традиционно считали мануальную технику.

## **Методология и методы исследования**

Было проведено ретроспективное исследование, включающее пациентов с дисплазией I-IIIa степени по классификации Crowe, которым было показано тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава. Этим пациентам рандомно разделили на две группы – основную (n = 40), в которой операцию ТЭТС проводили с использованием роботической системы МАКО, и сопоставимую с ней по всем основным показателям группу сравнения (n = 52), в которой операцию выполняли с применением традиционной мануальной техники. Результаты выполненных операций контролировали в течение 1 года. В этот период применяли методы лучевой диагностики, гониометрию и анкетирование, включающее шкалы ВАШ (для определения боли), Харриса (HHS), OHS и SF-36. Результаты были подвергнуты статистическому анализу, на основании которого были сформулированы выводы и практические рекомендации.

Работа выполнена согласно «Этическим принципам проведения научных медицинских исследований с участием человека» Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации с поправками 2013 г. и в соответствии с «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом МЗ РФ от 19.06.2003 № 266.

### **Личный вклад автора**

Автору принадлежит ведущая роль в выборе направления исследования, определении его цели и задач, разработке дизайна и плана научного исследования.

В рамках разработанной методологии автором определены методы исследования.

Автор лично разработал алгоритмы обследования и отбора пациентов, лично проводил их обследование.

Автор лично принимал участие в оперативных вмешательствах, а также осуществлял контроль за состоянием пациентов в группах наблюдения в динамике,

после чего провел анализ полученных результатов и оценил степень значимости и возможные корреляции полученных результатов в группах наблюдений при помощи программ статистической обработки.

По результатам клинической части диссертационного исследования, с учетом результатов выполненного теоретического исследования, автором были сформулированы выводы и разработаны практические рекомендации.

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

1. У пациентов с дисплазией тазобедренного сустава возможно и целесообразно применение роботических технологий при выполнении тотального эндопротезирования. Это позволяет существенно упростить позиционирование компонентов эндопротеза за счет точного планирования и его прецизионного исполнения роботом, и, в связи с этим, избежать интра- и послеоперационных осложнений.

2. Применение раТЭКС позволяет открыть новый горизонт возможностей для пациентов с дисплазией тазобедренного сустава, позволив применять в их лечении высокоточные хирургические технологии и добиваться за счет этого лучших результатов.

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

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 3.1.8. Травматология и ортопедия, пунктам 1, 3, 4 направлений исследований.

Пункт 1 – Изучение этиологии, патогенеза и распространенности врожденных и приобретенных заболеваний опорно-двигательной системы (позвоночника, грудной клетки, таза и конечностей).

Пункт 3 – Разработка, усовершенствование и внедрение в клиническую практику методов диагностики, профилактики и диспансеризации при

заболеваниях и повреждениях опорно-двигательной системы, а также их последствиях.

Пункт 4 – Экспериментальная и клиническая разработка и совершенствование методов лечения заболеваний и повреждений опорно-двигательной системы, их последствий, а также предупреждение, диагностика и лечение возможных осложнений.

### **Степень достоверности и апробация результатов**

Достоверность результатов диссертационного исследования обеспечена путем всестороннего анализа данных отечественной и зарубежной литературы, посвященной выбранной проблематике, последовательно методологически проработанным дизайном и корректно проведенной клинической частью исследования. Также были достаточно изучены выборка и объем обследований, используемые методы предоперационной диагностики, лечения и современных методов оценки послеоперационных результатов лечения с последующей проведенной их статистической обработкой.

Результаты исследования были представлены на Научно-практической конференции с международным участием «Робот-ассистированная хирургия в ортопедии» (Москва, 2025) и Форуме экспертов по роботизированному эндопротезированию (Москва, 2025); на заседании кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф Института клинической медицины им. Н. В. Склифосовского. Результаты диссертационного исследования были внедрены в практику «Юсуповской больницы» (ООО «Нейро-клиника») и в ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава РФ (Сеченовский Университет).

Апробация диссертационной работы состоялась на кафедре травматологии, ортопедии и хирургии катастроф Института клинической медицины им. Н. В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), протокол №12 от 23.12.2025 г.

### **Публикации по теме диссертации**

По результатам исследования автором опубликовано 6 работ, в том числе 3 научные статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий Сеченовского Университета / Перечень ВАК при Минобрнауки России, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, 3 иных публикации по результатам исследования.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертация изложена на 156 страницах стандартного текста и содержит следующие разделы: введение, обзор литературы, материалы и методы, главы собственных исследований, заключение, выводы, практические рекомендации, список сокращений и список литературы, содержащий 221 источник, из них 64 отечественных и 157 зарубежных авторов. Работа иллюстрирована 72 рисунками и 12 таблицами, содержит 5 приложений.

# **ГЛАВА 1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТОВ В ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

В настоящее время применение методов цифрового интеллекта в повседневной жизни стали необратимой тенденцией развития, и медицинская сфера не является исключением. Как активно развивающееся междисциплинарное направление, цифровая интеллектуальная ортопедия известна как третья волна технологий в области ортопедии. Новое направление развития протезирования сосредоточено на возможности улучшения долгосрочного прогноза пациентов вследствие оптимизации стратегий позиционирования имплантатов и кинематики физиологической подвижности искусственных суставов. Совершенствуются методы хирургии суставов и диагностики ортопедических заболеваний с помощью искусственного интеллекта, различных цифровых ортопедических технологий – хирургического планирования, навигации и роботизированной замены, реабилитации с помощью интеллектуальных устройств, последующего наблюдения с помощью искусственного интеллекта [96, 175]. В связи с этим роботизированное протезирование суставов в настоящее время является самой популярной областью [62, 126].

## **1.1 История развития роботизированной техники**

Эндопротезирование как важный метод лечения терминальных заболеваний суставов признаётся одним из наиболее успешных достижений в хирургии двадцатого столетия. В настоящее время, благодаря существенному развитию науки и техники и постоянному совершенствованию требований пациентов, появились различные новые искусственные протезы, хирургические методы и вспомогательные инструменты [5, 46].

В целом в разных областях, в том числе и в ортопедии, наблюдается тенденция развития минимально инвазивной хирургии, позволяющей хирургам

проводить хирургические процедуры через гораздо меньшие разрезы, чем при традиционной открытой хирургии, что положительно сказывается на более быстрой скорости восстановления и сокращении времени реабилитации, а также меньшей боли для пациентов. При этом роботизированная минимально инвазивная хирургия позволяет использовать робота для повышения качества и точности хирургических манипуляций [23, 142, 221]. В настоящее время полным ходом идет применение различных новых цифровых ортопедических технологий, таких как навигационная система, технология персонализированной остеотомии (инструментарий для конкретного пациента, PSI), роботизированная хирургия и т. д. Применение вышеуказанных технологий позволяет научно оценить показания к операции, сформулировать лучший хирургический план, минимизировать хирургическую травму и как можно скорее восстановить функцию конечности [44, 125].

Роботизированные системы, применяемые в ортопедии, условно могут быть подразделены на автономные, ручные (полуавтономные) и телеуправляемые. Последние разработки в области технологий замены суставов все больше направлены на улучшение долгосрочных результатов лечения пациентов с помощью стратегий, которые имитируют более естественную кинематику человека и оптимизируют расположение имплантатов, что также привело к применению цифровых ортопедических технологий в области хирургии суставов [85, 108].

Развитию и популяризации робот-ассистированных операций в ортопедии предшествовало развитие роботизированных систем в хирургии.

Помимо компьютерной навигации, компьютерная хирургия также включает PSI и роботизированную хирургию, обе из которых направлены на повышение хирургической точности и воспроизводимости.

Компьютерная навигация является частью компьютерной хирургии, ее внедрение в хирургии началось в 1980-х гг., и направлена она на повышение технической точности хирургических вмешательств. Так, навигация по тазобедренному суставу обеспечивает хирургу во время операции обратную связь о положении чашки и длине конечности на основе хирургических ориентиров,

зарегистрированных хирургом; навигация по колену – позволяет визуализировать сложное взаимодействие между трехмерной кинематикой коленного сустава, стабильностью сустава и выравниванием имплантата. При операции по поводу замены коленного сустава навигация также может обеспечить динамическую оценку баланса мягких тканей во всем диапазоне движений сгибания и разгибания. Многочисленные исследования доказали, что компьютерная навигация может значительно повысить точность позиционирования протеза и снизить частоту неправильного размещения протеза. Предполагается также, что навигация может обеспечить неопытным хирургам справочную информацию по остеотомии, релизу и позиционированию протеза, повышая точность традиционных хирургических методов, а также возможность обратной связи в режиме реального времени, позволяя врачу-хирургу идентифицировать источник возможных ошибок. Кроме того, навигация может помочь врачам лучше понять биомеханику суставов, записывая интраоперационные кинематические данные суставов.

Другое направление развития современных технологий – технология PSI, которая представляет собой персонализированный хирургический инструмент, разработанный для конкретного пациента. Обычно он использует данные предоперационных изображений КТ или МРТ для разработки индивидуального шаблона или формы для остеотомии, напечатанной на 3D-принтере. По сравнению с традиционными инструментами использование технологии PSI может сократить время операции и повысить определенную экономическую эффективность вследствие отсутствия необходимости стерилизации инструментов; в то же время, с точки зрения положения протеза и хирургического эффекта, не было доказано, что PSI превосходит навигацию [82].

В последние годы активное развитие получила роботизированная хирургия, являющаяся в настоящее время одной из наиболее активно развивающихся областей в суставной хирургии. Робот-ассистированное протезирование, от роботизированной хирургической системы ТНА ROBODOC до широко используемой в настоящее время роботизированной хирургической системы МАКО, в первую очередь предназначена для уменьшения отклонений при

размещении протеза, вызванных человеческой ошибкой, тем самым максимально полно восстанавливает кинематику суставов, уменьшая риск нестабильности или соударения компонентов и улучшая результаты лечения пациентов.

МАКО и ROBODOC/TCAT полезны для точности позиционирования вертлужной впадины и определения разницы в длине нижних конечностей во время операции. В ряде исследований определено, что роботизированная имплантация компонента эндопротеза вертлужной впадины имеют более высокую долю установки в зонах безопасности Левиннека и Калланана по сравнению с традиционными методами [73, 125].

В 1985 г. была разработана первая роботизированная платформа, используемая на пациенте, для проведения нейрохирургических биопсий под названием Programmable Universal Machine for Assembly 200 (PUMA) [71]. Кроме того, машина была адаптирована и использована для обычных урологических и простатических процедур Центром робототехники при Имперском колледже [197].

В 1992 г. для использования при протезировании тазобедренного сустава была разработана система Robodoc® Surgical System, управляемая по изображению [105]. Система позволяла хирургу оптимизировать размер протеза в зависимости от конституциональных особенностей конкретного пациента. Первая модель роботизированной руки, одобренная к использованию в 1994 г., AESOP 1000 (Automated Endoscopic System for Optimal Positioning), представляла собой управляемую голосом руку [94].

В 1930 г. хирург-ортопед Гомер Страйкер из г. Каламазу (штат Мичиган, США) обнаружил, что некоторые медицинские изделия не соответствуют потребностям его пациентов, он изобрел новые. По мере роста интереса к этим продуктам д-р Страйкер основал в 1941 г. компанию по производству своих изделий (Stryker Orthopedic Frame). В 2013 г. приобретение корпорации МАКО Surgical открыло возможности для дальнейшего развития робот-ассистирования в ортопедической хирургии. В 2017 г. запущена технология тотального эндопротезирования коленного сустава, одномышечкового эндопротезирования

коленного сустава и тотального эндопротезирования тазобедренного сустава для робота-ассистента Мако, которая расширила робот-ассистированную ортопедию.

На 2024 г. в мире выполнено более 1500000 операций с помощью робота Мако, 65% всех имплантаций эндопротеза производится с помощью робота Мако Stryker.

В настоящее время выделяют четыре основных преимущества роботизированной хирургии. Индивидуальная точность установки имплантов под каждого пациента и аккуратность выполняемых манипуляций при их минимальной инвазивности позволяет снизить кровопотерю, риск инфицирования и рубцевание, а также позволяют осуществлять доступ к анатомически труднодоступным участкам тела, при этом избегая человеческих ошибок, связанных с тремором рук и усталостью. Универсальность, подразумевающая возможность роботизированных систем адаптироваться к разным типам оперативных вмешательств и потребностям пациентов дает возможность проводить более персонифицированное лечение; кроме того, роботизированные технологии позволяют осуществлять несколько задач одновременно [19]. Особенно актуально для молодых специалистов обучение хирургическим навыкам с возможностью получения обратной связи в режиме реального времени. Роботизированная хирургия позволяет улучшить сотрудничество и коммуникацию между членами хирургической бригады, а также между разными регионами и лечебными организациями.

В то же время выделяют ряд нюансов роботизированной хирургии, которые характеризуются дороговизной робота, которую не все больницы могут себе позволить; а также так называемой «закрытой системой» – когда компания, выпускающая робота, привязывает его программу работать только с ее видами протезов. Установка протеза другой фирмы невозможна.

Таким образом, в настоящий момент невозможно однозначно ответить на вопрос эффективности ортопедических операций, проводимых с использованием роботизированных технологий [79]. Требуется дальнейший поиск возможных дополнительных клинических данных по использованию роботизированных

систем в хирургии, позволяющих увеличить техническую точность и медицинскую, экономическую, технологичную эффективность выполняемых манипуляций.

## **1.2. Роботизированное эндопротезирование тазобедренного сустава: разновидности, преимущества и недостатки**

Роботическое эндопротезирование имеет преимущество: протез адаптируется анатомически точно под каждого пациента вплоть до одного миллиметра и градуса. Это позволяет добиться идеальной посадки протеза, избегая при этом чрезмерных резекций кости и высвобождений мягких тканей. Использование робототехники в эндопротезировании облегчает правильное выполнение резекции кости и выравнивание компонентов. Это обеспечивает высокую и воспроизводимую точность выполняемых манипуляций [156].

Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава в условиях дисплазии представляет больше сложностей, чем стандартный случай. Роботизированная эндопротезирование тазобедренного сустава может упростить эти сложные процедуры [3, 8, 49, 78, 110, 209].

Виды и характеристика роботических систем в ортопедии представлены на Рисунке 1 и в Таблице 1 [219].

Система ROBODOC (Curexo Technology, Фримонт, Калифорния, США) стала исторически первой роботизированной системой, использованной для устранения потенциальных человеческих ошибок при выполнении бесцементной тотальной замены тазобедренного сустава в 1992 году. Robodoc – это активно-автономная, основанная на изображениях, роботизированная фрезерная система, которая позволяет хирургу достигать стабильно точного позиционирования компонентов имплантата с помощью системы предоперационного планирования на основе изображений, которая позволяет хирургу создавать, просматривать и анализировать хирургический результат в 3D. В то же время, по-прежнему ощущается нехватка долгосрочных высококачественных данных,

демонстрирующих эффективность Robodoc, а также определения рисков облучения, длительной продолжительности операции и экономической эффективности [139].



Примечание: 1,2 - Smith & Nephew, CORI; 3 - TSolution One; 4 - CUVIS-joint; 5 - ROSA Zimmer Biomet; 6 - MAKO Stryker Corporation

Рисунок 1 – Резецирующие роботизированные системы, применяемые в ортопедии

Другая роботизированная система, CASPAR (Ortho-Maquet / URS, Шверин, Германия), представляет собой активного робота с визуальным управлением, используемый для эндопротезирования коленного сустава и тотального эндопротезирования тазобедренного сустава. Время операции составляло в среднем 135 минут вначале апробирования аппарата, а к окончанию исследования сократилось примерно до 90 минут, при отсутствии зарегистрированных побочных эффектов [195]. Похожая активная система Cuvis Joint Robotic System: Automated Robotic Surgery используется только для тотального эндопротезирования коленного сустава.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика роботизированных систем

<b>Система *</b>	<b>Применение ^</b>	<b>Тип резекции</b>	<b>Контроль резекции</b>
TSolution One <sup>1</sup>	ТЭКС	Прямой	Автономный
Mako <sup>2</sup>	ОЭКС	Прямой	Тактильный
Mako <sup>2</sup>	ТЭКС	Прямой	Тактильный
Mako <sup>2</sup>	ТЭТБС	Прямой	Тактильный
NAV IO <sup>3</sup>	ОЭКС	Прямой	Контроль границ кости
NAV IO <sup>3</sup>	ТЭКС	Непрямой	Контроль границ кости
ROSA <sup>4</sup>	ТЭКС	Непрямой	Резекционный блок направитель
OMNIBotics <sup>5</sup>	ТЭКС	Непрямой	Резекционный блок направитель
SpincAssist <sup>6</sup>	Транспедикулярный винт	Непрямой	Резекционный блок направитель
Globus <sup>7</sup>	Транспедикулярный винт	Непрямой	Резекционный блок направитель

Примечание:  
\* компания-производитель: 1 – Think Surgical; 2 – Stryker; 3 – Smith & Nephew; 4 – Zimmer Biomed; 5 – OMNI; 6 – MAZOR Robotics; 7 – Excelsius Medical.  
^ ТЭТБС – тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава; ТЭКС – тотальное эндопротезирование коленного сустава; ОЭКС – одномышцелковое эндопротезирование коленного сустава

Интерактивная ортопедическая система Stryker Mako Robotic Arm (1941 Stryker Way, Portage, MI 49002 USA (США)) является высокотехнологичной робот-ассистированной системой, предназначенной для использования в ортопедической хирургии. Эта система включает роботизированную руку, модуль зрения и модуль наведения. Использование системы Stryker Mako при тотальной замене тазобедренного сустава, коленного сустава, а также одномышцелковом эндопротезировании колена позволяет выполнять операцию с минимальной травматизацией мягких тканей, индивидуальной постановкой компонентов протеза с точностью до миллиметра и градуса. При помощи компьютерной томографии и картирования колена или бедра МАКО использует визуализацию в реальном времени, что дает хирургу изображение уникальной анатомии для оптимального предоперационного планирования, а также наблюдать объективные данные

стабильности сустава после установки новых компонентов. Также отмечается, что применение роботизированной системы позволяет снизить интенсивность послеоперационной боли, улучшить позиционирование имплантата и уменьшить сроки реабилитации [191].

Одним из основных ограничений по активному внедрению в клиническую практику роботизированных технологий является высокая стоимость закупки и технического обслуживания роботизированных систем. В то же время существующие к настоящему времени результаты исследования доказывают экономическую целесообразность первоначально высоких затрат на приобретение роботизированных систем вследствие снижения частоты повторных вмешательств и уменьшения расходов на послеоперационный уход. Так, на этапе планирования оперативного вмешательства при использовании роботизированных систем применяется КТ для создания трехмерной модели сустава пациента, что позволяет врачам более точно разместить имплантат. Трехмерная модель, основанная на предоперационном сканировании с помощью КТ, используется для подготовки плана операции. На интраоперационном этапе выполняется установка антенн и сбор анатомических точек в суставе для наложения КТ в реальном времени. Далее роботизированная рука, используя данные, полученные из трехмерной модели, направляет пилу или фрезу в стереотаксических границах для выполнения плана: достижения выравнивания конечностей, ротацию компонентов протеза, баланса мягких тканей, а также определяет рабочее пространство для хирурга, исключая возможную травматизацию окружающих тканей. Несмотря на то, что долгосрочные результаты робот-ассистированного протезирования в настоящее время ограничены и в большинстве случаев отсутствуют, предварительные клинические исследования показали, что роботизированные технологии могут улучшить функциональные результаты и удовлетворенность пациентов, а также способствовать снижению числа дорогостоящих осложнений и повторных госпитализаций [84, 88].

В более ранних исследованиях использования автономной роботизированной хирургии (например, *Cuvis Joint Robotic System: Automated Robotic Surgery*)

сообщалось о серьезных осложнениях, включая разрыв сухожилия надколенника, повреждение малоберцового нерва, увеличение количества кровопотери и длительности оперативного вмешательства [192]. Однако данные недавних исследований доказывают наличие значительного прогресса по устранению ранее существовавших недостатков с помощью робот-ассистента Mako Stryker. Так, отмечено сокращение продолжительности оперативного вмешательства наряду с сокращением объемов кровопотери и улучшением показателей послеоперационного ухода за счет более точного выполнения эндопротезирования, установки компонентов эндопротеза, что оказывает положительное влияние на снижение числа возможных послеоперационных осложнений, сокращение послеоперационного времени нахождения в стационаре и повышение удовлетворенности пациентов полученными результатами [120, 154, 157, 179, 185].

В ортопедической хирургии роботизированные технологии направлены на оптимизацию эндопротезирования суставов, предоставление роботизированной поддержки для точной и аккуратной подготовки кости, восстановления выравнивания конечностей и физиологической кинематики сустава. Доступные на рынке роботизированные системы дают возможность выбора их для определенного вида операций и характеризуются рядом специфических характеристик. Такие роботизированные системы условно подразделяются: на открытые и закрытые платформы, основанные на работе со всеми (условно) производителями эндопротезов и под конкретные; на активные, полуактивные. При этом в любом случае за планирование и утверждение оперативного вмешательства, вне зависимости от типологии роботизированной системы, отвечает хирург, а роботу поручается лишь точное и последовательное выполнение его указаний. Следовательно, именно хирурги при использовании и выборе роботизированной системы должны оценить все ее преимущества и недостатки [53, 112, 164, 186].

Стандартизация, оцифровка и персонализация роботизированных технологий направлены на достижение наилучшего функционирования суставов человека, а также на накопление и хранение данных с целью заложить основу для дальнейшего анализа и использования данных.

Экономическая эффективность роботизированной хирургии все еще остается спорным вопросом. Это напрямую связано с ценой робота, стоимостью операции и потенциальными преимуществами роботизированной хирургии, включая сокращение времени госпитализации, снижение осложнений, расходы на расходные материалы для робота, срок службы робота и затраты на модернизацию [63, 87].

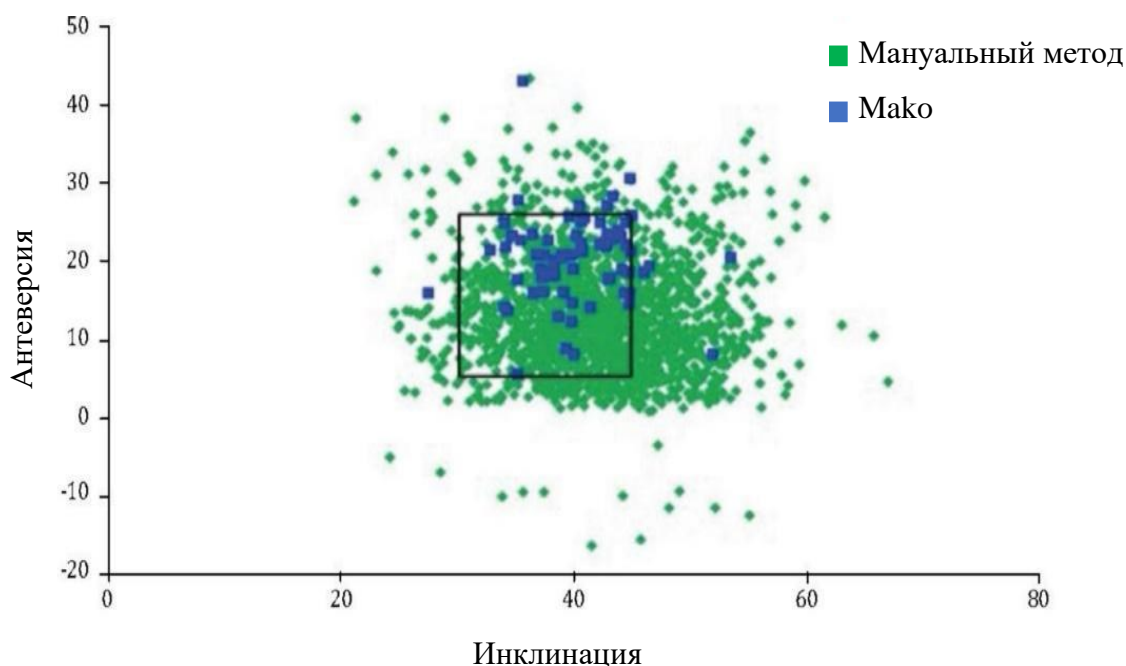
Предположив, что 67-летнему пациенту с остеоартритом будет проведена тотальная замена сустава, и оценив возможные затраты в течение следующих 20 лет, был сделан вывод об экономической эффективности применения роботов. Считается, что при более 94 случаях роботизированной замены монохондриальных суставов в год ее рентабельность превышает эффективность обычной инструментальной хирургии [88].

Основываясь на существующей системе оплаты медицинских услуг, рассчитанной только исходя из экономических выгод, необходимо значительно снизить цены на проведение коммерческих робот-ассоциированных операций, и в то же время увеличить стоимость операции, чтобы получить наибольшую экономическую выгоду. Однако это может в определенной степени снизить энтузиазм компаний в области исследований и разработок роботов, тем самым снизив уровень приемлемости роботизированной хирургии у пациентов. Следовательно, экономическая выгода роботизированной операции по замене суставов еще не решена, несмотря на выводы о ее доказанности в некоторых исследованиях [7, 36, 211].

Некоторые системы также должны полагаться на специальные предоперационные исследования изображений, которые требуют времени и затрат, а также увеличивают облучение [107, 126].

Проблемы, связанные с операциями эндопротезирования тазобедренного сустава, которые могут привести к неудовлетворительному результату или необходимости повторной операции: вывих, преждевременный износ, несоответствия длины нижних конечностей, перипротезный перелом [219].

На сегодня робот МАКО является единственной системой в мире, позволяющей выполнить тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава, тотальное эндопротезирование коленного сустава и одномышцелковое (частичное) эндопротезирование коленного сустава без вреда для пациента (Рисунок 2).

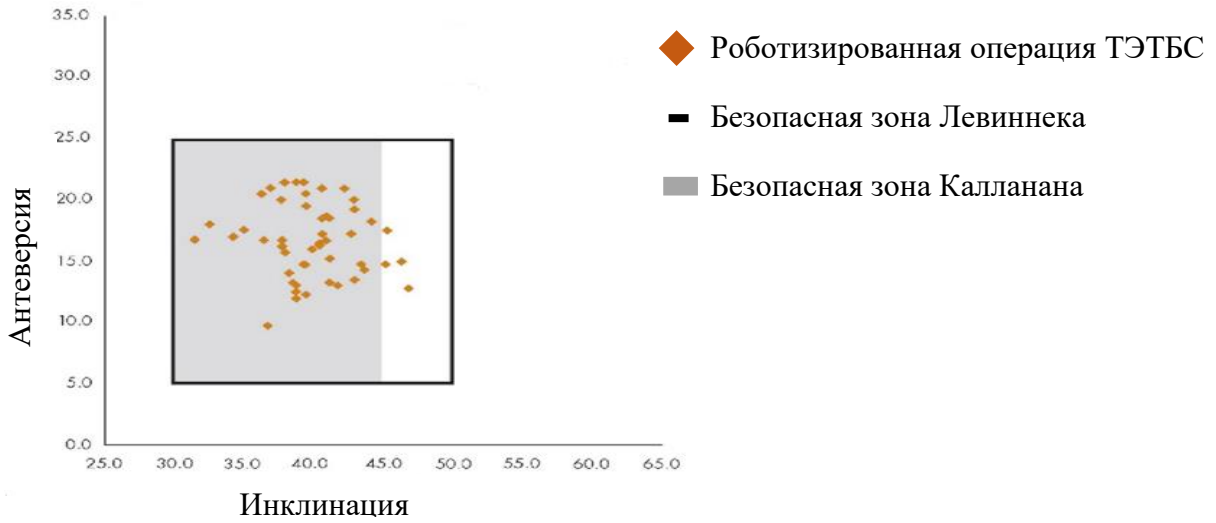


Примечание: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования [219]  
Рисунок 2 – Сравнение ориентации ацетабулярного компонента с использованием раТЭТС Мако (n=100) и ммТЭТС (n=100)

Точность постановки компонентов абсолютная, начиная с одной операции (Рисунок 3) [219]. Отклонение в позиции компонентов от предоперационного плана при использовании робота ни разу не превысило 1 градуса (1 мм) (Рисунок 4) [219].

На начальном этапе продолжительность операций с применением робота превышала время мануальных вмешательств на 20–30 минут. Однако к 6–7-й операции временные характеристики сравнялись с показателями ммТЭТС, а в ряде случаев раТЭТС выполнялись быстрее, чем ммТЭТС.

### Роботизированная система Мако



### Традиционное тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава

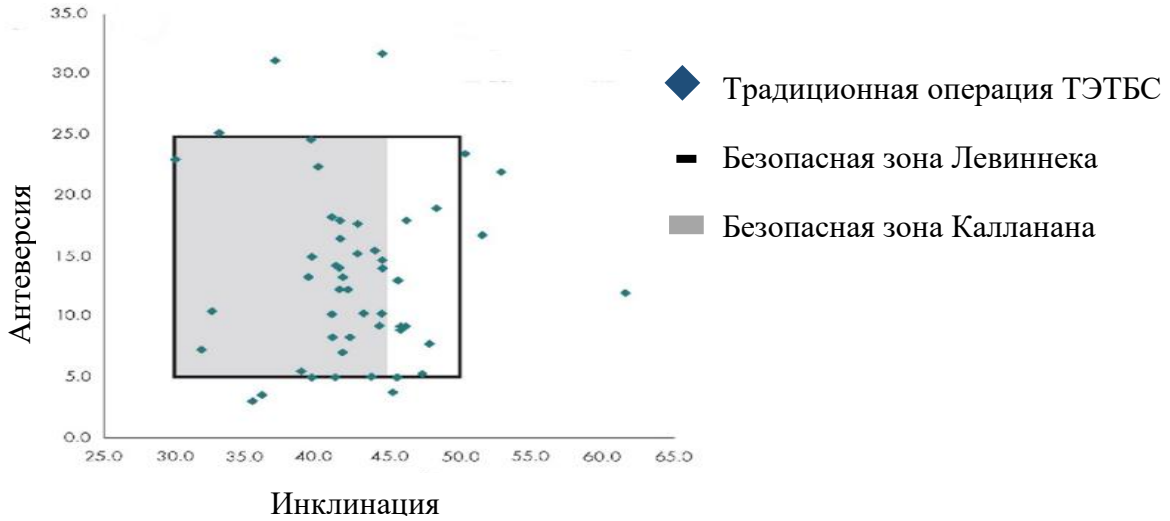


Рисунок 3 – Позиционирование ацетабулярного компонента в безопасных зонах Левиннека и Калланана



Рисунок 4 – Послеоперационные результаты у пациентов, прооперированных мТЭТС, по сравнению с методом рТЭТС

Применение рaТЭТС обеспечивает повышение скорости операции после освоения методики, значительное улучшение точности установки имплантов, сокращение продолжительности и травматичности хирургического вмешательства, минимизацию интраоперационной кровопотери и ускорение восстановительного периода (Таблица 2).

Таблица 2 – Сравнительная характеристика результатов мануального и робот-ассистированного ТЭТС

<b>Критерий оценки</b>	<b>Первые 100 случаев ТЭТС мануальным методом</b>	<b>Первые 100 случаев робот-ассистированного ТЭТС, %</b>
Частота ранних дислокаций (в первые 12 месяцев после операции)	5 %	-
Несоответствие длины конечностей $\geq 1,5$ см.	10 %	1 %
Расчетная кровопотеря	534 мл.	358 мл.
ААВ в целевой зоне	66 %	100 %
ААV в целевой зоне	39 %	77 %
ААВ и ААV в целевой зоне	30 %	77 %

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности внедрения робот-ассистированных технологий в клиническую практику ортопедической хирургии, особенно при работе с пациентами, имеющими сложные анатомические особенности тазобедренного сустава.

### **1.3 Традиционное эндопротезирование тазобедренного сустава при дисплазии**

Национальный реестр эндопротезирования суставов Австралийской ортопедической ассоциации сообщает, что показатель эндопротезирования тазобедренного сустава растет: в 2014 г. общее количество эндопротезирования тазобедренного сустава увеличилось на 5,4% по сравнению с предыдущими 12

месяцами. Исследования, проведенные в США, показали, что к 2030 г. спрос на тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава увеличится почти на 200% по сравнению с текущими показателями.

Существует ряд разных хирургических подходов к тотальному эндопротезированию тазобедренного сустава, наиболее распространенные из которых включают модифицированный прямой боковой (Hardinge), задний и прямой передний доступы [13].

На сегодня модифицированный прямой боковой (Hardinge) доступ является наиболее распространенным доступом для выполнения тотального эндопротезирования тазобедренного сустава во всем мире [32].

Прямой боковой доступ, предложенный Р. Бауэром (R. Bauer) и усовершенствованный К. Хардингом (K. Hardinge) в 1982 г., включает выполнение кожного разреза длиной 12 см над большим вертелом, рассечение широкой фасции бедра на всём протяжении раны, разделение мышечных волокон средней ягодичной мышцы на протяжении 3 см выше вершины большого вертела, отделение средней ягодичной мышцы и латеральной порции четырехглавой мышцы бедра субпериостально от передней поверхности большого вертела. Затем производят вывихивание головки бедренной кости и выполняют дальнейшие хирургические манипуляции [6, 32]. Преимущество этого подхода заключается в том, что он может быть расширен дистально для большего обнажения бедренной кости, если это необходимо, и имеет меньший риск вывиха, чем задний доступ.

При заднем доступе достоверно больше количество вывихов эндопротеза, чем при остальных [100]. Задняя капсулотомия представляет риск вывиха при этом подходе, и седалищный нерв также подвергается риску [75]. Расщепление ягодичного сухожилия может привести к послеоперационной походке Тренделенбурга [60].

Передний доступ к тазобедренному суставу был первоначально описан Хютером, а позже популяризирован Смитом-Петерсеном. Доступ использует анатомическую внутреннюю плоскость между верхним ягодичным нервом латерально и бедренным нервом медиально и недавно был популяризирован для

тотального эндопротезирования тазобедренного сустава, но его первое использование для тотального эндопротезирования тазобедренного сустава датируется 1947 годом во Франции.

Сосудисто-нервная плоскость для переднего доступа находится между верхним ягодичным нервом и бедренным нервом. В некоторых отчетах пациенты, перенесшие передний доступ для тотального эндопротезирования тазобедренного сустава, имеют более короткие сроки пребывания в больнице, чем те, кто перенес задний доступ, и считается, что это связано с мышечным аспектом подхода [61, 90, 168]. Одним из противопоказаний переднего доступа является дисплазия впадины тазобедренного сустава. По сравнению с задним доступом, передний доступ предполагает более частую неправильную постановку имплантов эндопротеза (мальпозиция компонентов) [93]. По новым исследованиям прямой передний доступ (direct anterior approach, DAA) имеет значимость только при выполнении с применением робот-ассистированной технологии Mako Stryker. Только при помощи робота возможно поставить протез идеально точно и благодаря анатомии доступа выполнить это с минимальным повреждением мягкотканых структур, что, в свою очередь, приводит к самому быстрому восстановлению пациента после операции [180, 194].

Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава является окончательным методом лечения терминальной стадии диспластического остеоартрита тазобедренного сустава [4, 9]. Число случаев значительно увеличилось из-за быстро растущего старения населения по всему миру. Сообщалось, что в США ежегодно проводилось 0,33 млн тотальных эндопротезирований тазобедренного сустава, а спрос на процедуры оценивается в 0,57 млн и 3,48 млн в год, в 2030 году, соответственно. Следовательно, важно разработать практические стратегии для улучшения качества медицинской помощи и достижения более раннего выздоровления и лучшего результата для пациентов, перенесших протезирование, в то же время способствуя снижению экономических затрат, связанных с увеличением числа процедур.

Улучшенное восстановление после операции (Enhanced recovery after surgery – ERAS), или «fast-track surgery», предлагается как серия основанных на фактических данных периоперационных оптимизаций с мультидисциплинарным подходом для снижения хирургического стресса и ускорения послеоперационного восстановления [6]. В соответствии с общими рекомендациями было установлено, что различные пути ERAS снижают заболеваемость, экономят затраты, способствуют более быстрому восстановлению и достигают клинического и экономического эффекта при ортопедических операциях. Регионарная анестезия рекомендуется для ERAS, поскольку она обеспечивает надежную анальгезию и незначительное нарушение гемодинамики в опубликованной литературе. Однако для пациентов, перенесших эндопротезирование, спинальная анестезия часто связана с длительным постоянным введением мочевого катетера. Кроме того, блокада периферических нервов может ослабить мышечную силу нижних конечностей, что приводит к задержке ранней мобилизации пациента.

При применении опиоидного анальгетика короткого действия ремифентанила и анестетиков, включая пропофол, севофлуран или десфлуран, можно добиться быстрого выхода из общей анестезии без ослабления мышечной силы. Основываясь на фармакологических характеристиках этих препаратов, ERAS без блокады нерва или интратекальной анальгезии может обеспечить сокращение продолжительности пребывания пациента в больнице из-за предотвращения ослабления мышечной силы и, возможно, ранней мобилизации. Хирурги-ортопеды впервые применили эту концепцию для эндопротезирования суставов в Дании в 2003 году.

Путь ERAS для хирургов-ортопедов включает:

1. Время голодания перед операцией: 8 ч для употребления пищи, 6 ч для прозрачных жидкостей перед операцией.
2. За 15 минут до разреза будет введено 1000 мг Транексама + NaCl 250 мл внутривенно и через 4 ч после операции.
3. За 30 минут до разреза будет введено 2 г Цефазолина внутривенно.
3. Нет постоянных катетеров для мочи.

4. Не используется жгут.
5. Отсутствие дренажной трубки после операции.
6. Вводится низкомолекулярный гепарин подкожно через 12 ч после операции.

Основным результатом применения ERAS является уменьшение сроков госпитализации (койко-дни). Кроме того, снижается продолжительность послеоперационного периода, уменьшаются показатели смертности и внутрибольничных осложнений всех степеней. Также сокращается время ранней мобилизации, которое определяется как период времени от окончания операции до возможности ходить без посторонней помощи; снижается потребность в послеоперационном назначении анальгетиков в течение трех дней после операции. Снижается общая стоимость госпитализации; частота повторных госпитализаций через 30 дней после выписки из больницы [148].

#### **1.4 Реабилитационные мероприятия после эндопротезирования тазобедренного сустава**

Предоперационное состояние здоровья (например, мышечная сила и способность выполнять повседневную деятельность, оценка риска послеоперационной инфекции, минеральной плотности кости) является фактором, связанным с благоприятными периоперационными исходами после тотальной замены суставов [17, 21, 24, 26, 27, 43, 56]. Изучение качественных свойств факторов иммунной системы в ответ на оперативное вмешательство позволит оценить ее адаптационные возможности и прогнозировать характер течения восстановительного процесса [1]. Предоперационная реабилитация может незначительно улучшить раннюю послеоперационную боль и функции у пациентов, перенесших операцию по замене сустава; однако эффект остается слишком незначительным и краткосрочным, чтобы считаться клинически значимым, и не влияет на ключевые результаты, представляющие интерес (продолжительность пребывания, качество жизни, затраты) [110].

Сообщается, что качество жизни, связанное со здоровьем, снижается в течение предоперационного периода, что может быть еще более осложнено, когда ожидания пациентов не совпадают с физической функцией и качеством жизни сразу после эндопротезирования [40, 118, 169]. Кроме того, известно, что у пациентов могут сохраняться функциональные нарушения (например, нарушение мышечной силы, стабильности осанки, скорости походки) в течение двух лет после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава [14, 28, 50, 74, 117].

Предоперационный и послеоперационный уход за пациентами с тотальным эндопротезированием тазобедренного сустава при дисплазии, как правило, считается эффективным для снижения интенсивности боли и инвалидности [116, 207]. В некоторых публикациях сообщается о минимальных улучшениях, связанных с предоперационной реабилитацией, и низким уровне достоверности доказательств. В других сообщениях это объясняется неоднородностью включенных исследований, разными типами программ до реабилитации, приверженностью к вмешательствам контрольной группы и точностью в рамках программ, что могло повлиять на способность обнаруживать любые существующие различия. Это подчеркивает отсутствие единого мнения о том, что предоперационные и послеоперационные физические нагрузки благоприятны для пациентов с тотальным эндопротезированием тазобедренного сустава [116, 205]. Необходимо применение индивидуального подхода [12, 45].

Последние клинические публикации [66, 158, 159, 160, 161] по предоперационной и послеоперационной реабилитации после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава при дисплазии содержат различные рекомендации. Рекомендации Королевского голландского общества физической терапии (KNGF) [66] и NICE [160] не рекомендуют универсальную предоперационную реабилитацию. В то же время рекомендации KNGF рекомендуют реабилитацию для пациентов с повышенным риском замедленного восстановления после эндопротезирования тазобедренного сустава, связанного с остеоартрозом. Руководство Американской академии хирургов-ортопедов (AAOS) [161] рекомендует предоперационную реабилитацию, хотя и с ограниченной общей

убедительностью доказательств. В AAOS и KNGF рекомендуется послеоперационная физиотерапия с низкой или средней степенью достоверности. NICE рекомендует контролируемую групповую или индивидуальную амбулаторную реабилитацию только для определенных подгрупп пациентов, которые испытывают трудности в своей повседневной жизни, имеют когнитивные нарушения, особые реабилитационные потребности или считают, что самостоятельная реабилитация не соответствует их целям [121].

Ключевой темой для дальнейших исследований должно стать выявление потенциальных подгрупп, которые могли бы получить преимущество от контролируемой групповой или индивидуальной амбулаторной реабилитации [72, 160]. Дальнейший интерес представляет оценка цифровых или интернет-вмешательств (например, приложений для смартфонов) в отношении экономической эффективности по сравнению со стандартными очными вмешательствами. Другой областью интереса является сравнение разных форм лечебной физкультуры для определения потенциально лучшего режима тренировок с физическими упражнениями для реабилитации [218]. Для обеспечения низкого риска предвзятости следует рассмотреть возможность проведения плацебо- или фиктивных контролируемых исследований [83, 122]. Кроме того, исследования должны соответствовать текущим рекомендациям по описанию вмешательства (например, шаблону описания вмешательства и контрольному списку для воспроизведения), чтобы обеспечить прозрачную оценку и тиражирование программ вмешательства, должны быть результаты о факторах, потенциально влияющих на результаты (например, сопутствующие заболевания и обезболивание).

При спортивной реабилитации может быть достигнуто более быстрое увеличение силы отводящих мышц, которые стабилизируют таз-эффект, который также отражается в улучшении стабильности стойки на одной ноге [210]. Далее приводится пример программы реабилитации пациентов после эндопротезирования тазобедренного сустава (Таблица 3) [210].

Назначение физиотерапевтического лечения способствует быстрейшему заживлению послеоперационных ран и улучшает результаты оперативного лечения [57].

Таблица 3 – Цели и примеры упражнений программы спортивной терапии для реабилитации тазобедренного сустава

<b>Упражнение</b>	<b>Цель</b>	<b>Примеры упражнений</b>
Тренировка координации	Тренировка восприятия тела, улучшения походки, проприоцепции, стабильности суставов и нервно-мышечного контроля	Тренировка оси ног из разных исходных положений и на неустойчивых основаниях
Укрепление	Улучшение стабильности туловища, укрепление мышц, окружающих бедро	Приседания с адаптированной амплитудой движения, тяговые упражнения с TheraBand
Растяжка	Улучшение гибкости подвздошно-поясничных мышц и мышц ног	Упражнения с мячом, упражнения для расслабления, фасциальная тренировка
Теория	Поведение, соответствующее тазобедренному суставу, в повседневной жизни и в свободное время	Правильное сидение, подъем и положение лежа
Заключительный тип игры	Улучшение ориентации и способности реагировать, совместное использование удовольствия и мотивации, связанных с движением	Командные игры по кругу с шинами / лентами / мячами, баскетбольным мячом
Окончание	Закрытие сеанса	Краткий отзыв пациента

При исследовании эффективности операционных мероприятий при эндопротезировании тазобедренного сустава, необходимо проводить оценку эффективности реабилитационных мероприятий на состояние костно-мышечного аппарата пациентов, учитывать их удовлетворенность послеоперационным восстановительным периодом, качество жизни. Важным аспектом в послеоперационной реабилитации является индивидуальный подход к каждому

пациенту, например к пациентам, которым выполнялась пластика крыши впадины аутокостью с использованием винтов – этим пациентам рекомендуется ходьба при помощи двух подмышечных костылей с дозированной нагрузкой на оперированную ногу. Этот этап особенно важен при проведении сравнительных исследований оптимизации роботизированных эндопротезирований тазобедренного сустава.

Таким образом, исходя из анализа научной литературы можно определить основные тезисы:

1. Роботизированные системы в ортопедической хирургии представляют собой смену парадигмы, давая возможность достижения высокой точности, контроля и воспроизводимости выполняемых манипуляций. Интегрируя передовые методы визуализации посредством использования роботизированных систем, хирурги могут планировать и выполнять оперативные вмешательства с высокой, ранее недостижимой точностью.

Роботизированные системы могут выполнять движения с точностью до миллиметра, что позволяет устранить риск человеческой ошибки, обусловленной ошибкой визуального восприятия, усталостью, тремором рук. Так, при замене тазобедренного сустава роботизированная рука способна выровнять имплант максимально точно, что имеет решающее значение для его долговечности и функциональности, для комфорта и скорости восстановления пациента, для качества его последующей жизни.

На этапе предоперационного планирования использование роботизированных систем позволяет использовать трехмерные модели для планирования хирургического вмешательства в виртуальной среде, что позволяет учитывать с максимально возможной точностью и достоверностью уникальную анатомию пациента и создавать индивидуальный хирургический план.

2. На интраоперационном этапе применение роботизированных систем с наличием обратной связи в режиме реального времени позволяет хирургу оперативно вносить коррективы, что гарантирует точное следование ранее установленному хирургическому плану. Это особенно актуально при таких

операциях, как артроскопия тазобедренного сустава, где роботизированная система может подстраиваться под изменяющуюся анатомию тазобедренного сустава.

3. Послеоперационный этап применения роботизированных систем предположительно должен характеризоваться меньшими сроками восстановления и меньшей вероятностью развития осложнений относительно традиционного эндопротезирования, что положительно сказывается на общем результате лечения и восстановлении функциональности сустава.

### **Резюме**

ТЭТС – распространенная операция, число таких операций постоянно растет, однако до сих пор доля неудовлетворительных результатов остается достаточно высокой. Это связано с целым комплексом причин, одной из которых можно назвать точность позиционирования компонентов эндопротеза. Особенно остро вопрос о точности позиционирования встает у пациентов с диспластическими изменениями в области тазобедренного сустава, когда анатомические ориентиры порой существенно отличаются от привычных, и требуется особо тщательный персонализированный подход как к планированию, так и к выполнению такой операции [58]. Вероятность ошибок как планирования, так и технического исполнения плана существенно возрастает, что требует совершенствования хирургической техники. На этом пути весьма перспективным является применение роботических систем, однако они первоначально были созданы для работы в условиях лишь незначительных отклонений от нормальных анатомических конфигураций сустава, и адаптация хирургической техники раТЭТС для пациентов с дисплазией тазобедренного сустава является актуальной задачей.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Дизайн исследования

Объектом диссертационного исследования стали пациенты с диспластическим коксартрозом (ДОА 1–3а ст. по Crowe) и остеоартритом (3–4 ст. по Kellgren-Lawrence), которым выполнено первичное тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава.

Критерии включения: пациенты обоих полов старше 18 лет, давшие согласие на исследование, без наличия дефектов опорно-двигательной системы других локализаций, препятствующих ходьбе, ДОА 1–3а ст. по Crowe (Приложение А) и 3–4 ст. ОА по Kellgren-Lawrence.

Критерии невключения: пациенты с ДОА 3б–4 ст. по Crowe, а также пациенты, которым выполнялась укорачивающая остеотомия бедренной кости, имеющие наличие дефектов опорно-двигательной системы других локализаций, препятствующих ходьбе

Критерии исключения: пациенты, которые отказались от участия в исследовании или нарушали рекомендации.

База исследования: исследование проводилось на кафедре травматологии, ортопедии и хирургии катастроф Института клинической медицины имени Н. В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).

Единицы наблюдения: научные публикации, нормативные документы, истории болезней, а также данные, касающиеся применения робота МАКО при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава у пациентов клиники.

Исследование было проведено в период с февраля 2024 по февраль 2025 года. Дизайн диссертационного исследования представлен на Рисунке 5.

После письменного согласия все 100 пациентов, включенные в исследование, были рандомизированы на две группы: в первой (основной) группе (45 пациентов) для ТЭТБ использовали робот системы МАКО, во второй группе (сравнения) (55

пациентов) – стандартную мануальную технику имплантации эндопротеза тазобедренного сустава. Рандомизация пациентов осуществлялась попарно с использованием таблиц случайных чисел, что обеспечивало равное распределение пациентов в группы в течение всего периода наблюдения. Рандомизация осуществлялась непосредственно перед операцией независимым сотрудником, схема рандомизации представлена на Рисунке 6.

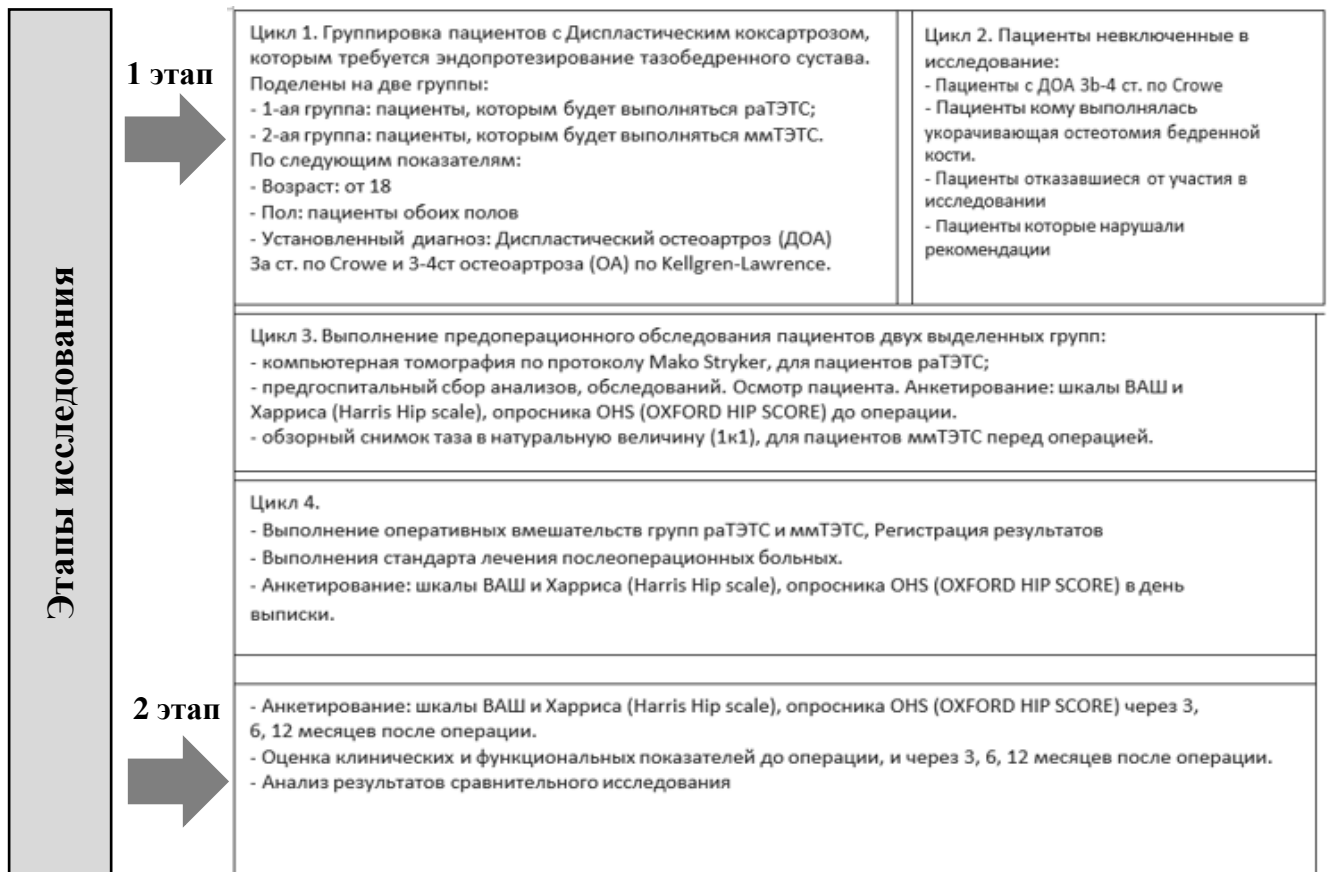


Рисунок 5 – Дизайн исследования

Всего в период исследования исключено из исследования 8 пациентов, 92 вошли в окончательный анализ; исключение по причине неявки на осмотр или отказа от тестирования по телефону: 5 пациентов первой группы и 3 пациента второй группы. Всего окончательному анализу подверглись 92 пациента.

Пациенты были разделены на две группы:

– I группа (раТЭТС): пациенты, которым выполнялось робот-ассистированное первичное тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава (раТЭТС, n = 40);

– II группа (ммТЭТС): пациенты, которым выполнялось первичное тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава мануальным методом (ммТЭТС, n = 52).

Сравнительный анализ групп пациентов выполняли до (предоперационный период) и после операции (послеоперационный период сразу после хирургического вмешательства и через 3, 6 и 12 месяцев после хирургического вмешательства).

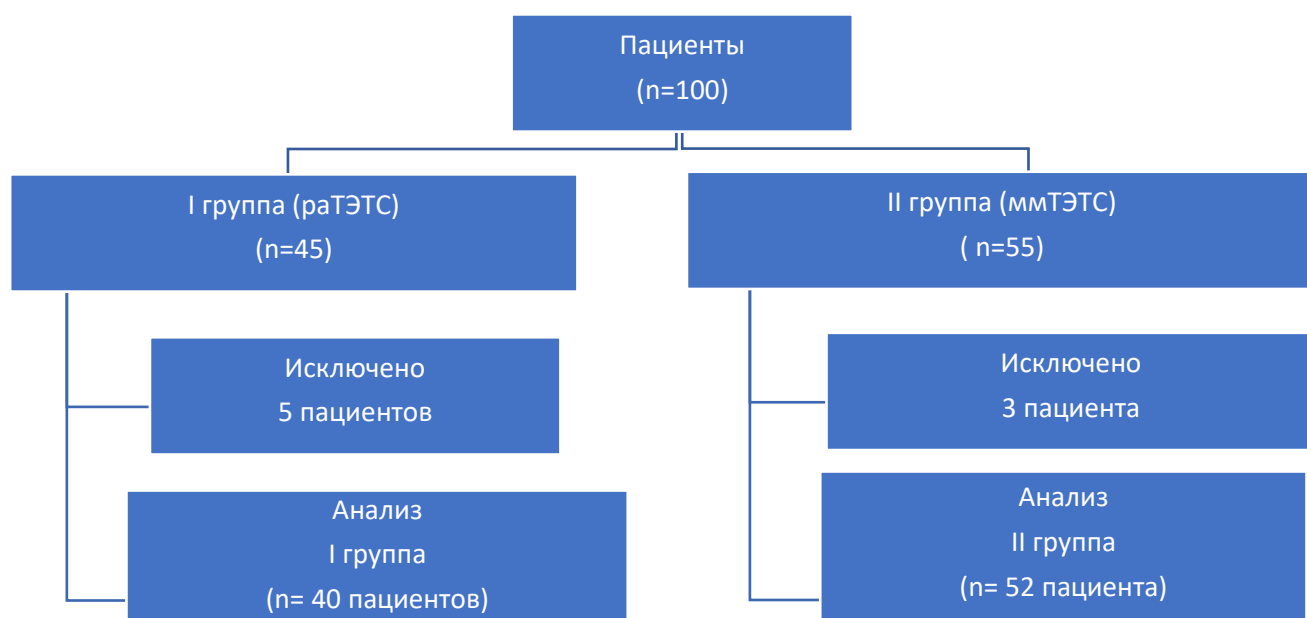


Рисунок 6 – Схема рандомизации пациентов

На послеоперационном этапе, помимо объективных показателей, учитывали также субъективную оценку самочувствия пациентов путем заполнения оксфордского опросника по тазобедренному суставу и анкетирования по опроснику Харриса. Далее результаты исследования были обобщены, проанализированы характер и частота послеоперационных осложнений при раТЭТС и ммТЭТС.

## 2.2 Характеристика пациентов

Объектом исследования явились 92 мужчин и женщин в возрасте от 18 лет, пациенты больницы, средний возраст  $60,1 \pm 12,2$  лет, мин. 34, макс. 80 лет; мужчин 52 (56,5%), женщин 40 (43,5%), средний ИМТ  $30,6 \pm 3,7$  кг/м<sup>2</sup>, мин. 21,6, макс. 37,0 кг/м<sup>2</sup>; операцию выполняли по поводу правостороннего коксартроза – в 52 случаях, 40 случаев – левостороннего. Болевой синдром по шкале ВАШ составил в среднем  $62,9 \pm 14,8$  баллов, мин. 40, макс. 90 баллов, оценка по шкале Харриса  $44,0 \pm 5,4$  баллов, мин. 29, макс. 57 баллов, оценка по шкале OHS  $19,1 \pm 6,0$  баллов, мин. 6, макс. 30 баллов, оценка по шкале OHS  $19,1 \pm 6,0$  баллов, мин. 6, макс. 30 баллов. Общие данные пациентов по группам представлены в Таблице 4.

Таблица 4 – Общая характеристика пациентов

Показатели	Группа	N	Среднее	Среднеквадратичное отклонение	p**
Возраст (лет)	I	40	57,20	11,761	0,046
	II	52	62,33	12,241	
Пол (м/ж)*	I	40	22/18	55,0/45,0	0,799
	II	52	30/22	57,7/42,3	
ИМТ (кг/м <sup>2</sup> )	I	40	31,091	3,4821	0,291
	II	52	30,273	3,7937	
Правое/Левое #	I	40	22/18	55,0/45,0	0,295
	II	52	30/22	57,7/42,3	
ВАШ (баллы)	I	40	61,75	14,830	0,494
	II	52	63,88	14,770	
Шкала Харриса (баллы)	I	40	44,13	5,752	0,887
	II	52	43,96	5,220	
OHS (баллы)	I	40	18,48	5,948	0,379
	II	52	19,60	6,088	

Примечание:

\* Пол в колонке среднее значение количество мужчин/женщин, в колонке среднеквадратичное отклонение процентное соотношение в группе;

\*\* p – U-критерий Манна – Уитни для средних независимых выборок;

# Распределение процесса ОА на правосторонний и левосторонний в колонке среднее значение абсолютные значения, в колонке среднеквадратичное отклонение процентное соотношение в группе.

Из результатов статистического анализа, представленных в Таблице 4, видно, что статистически значимых различий между группами не выявлено, группы могут быть повергнуты дальнейшему анализу.

## 2.3 Методики обследования

### 2.3.1 Клиническое обследование и тестирование

Оценивали амплитуду пассивных движений в тазобедренном суставе в положении пациента на спине и на противоположном боку от исследуемого сустава, сгибательно-разгибательные движения: разгибание  $15^\circ$  (на боку от  $0^\circ$ ) сгибание  $40^\circ$  (на спине) – амплитуда  $140^\circ$  (от  $0^\circ$  нейтральная позиция), приведение  $30^\circ$  и отведение  $45^\circ$  – амплитуда  $75^\circ$  (от  $0^\circ$  нейтральная позиция на спине), внутренняя ротация  $40^\circ$  и наружная  $40^\circ$ , в положении на спине с согнутым коленным суставом (под углом  $90^\circ$ ) – амплитуда  $80^\circ$  (от  $0^\circ$  нейтральная позиция), как представлено на Рисунке 7.

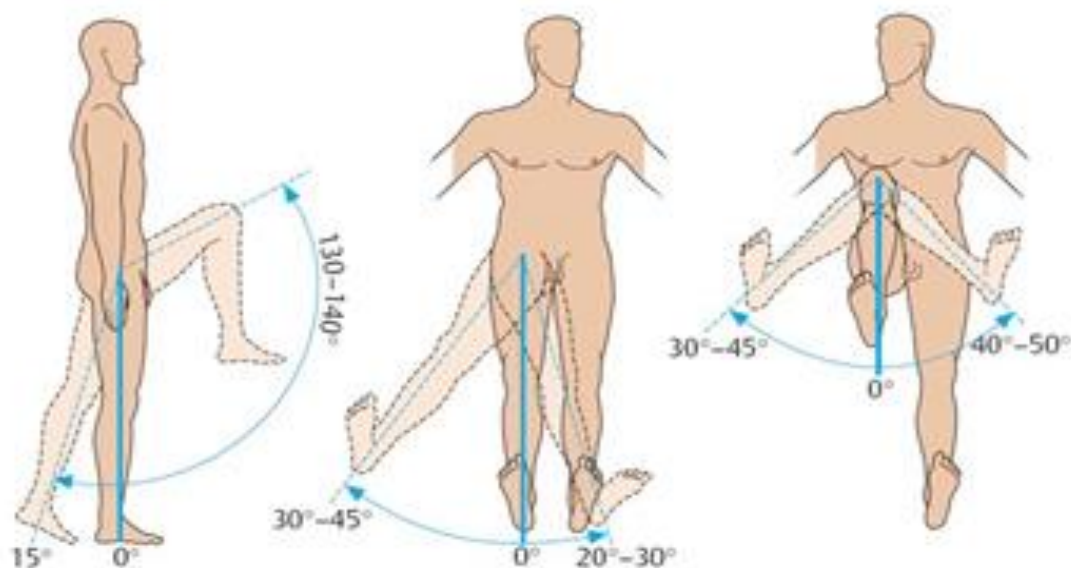


Рисунок 7 – Схема исследования амплитуды движений в тазобедренном суставе

Длину конечности измеряли от передней верхней ости подвздошной кости до вершины внутренней лодыжки сантиметровой лентой в положении лежа на спине

и оценивали относительное укорочение или удлинение в сравнении с контрлатеральной стороной (Рисунок 8).

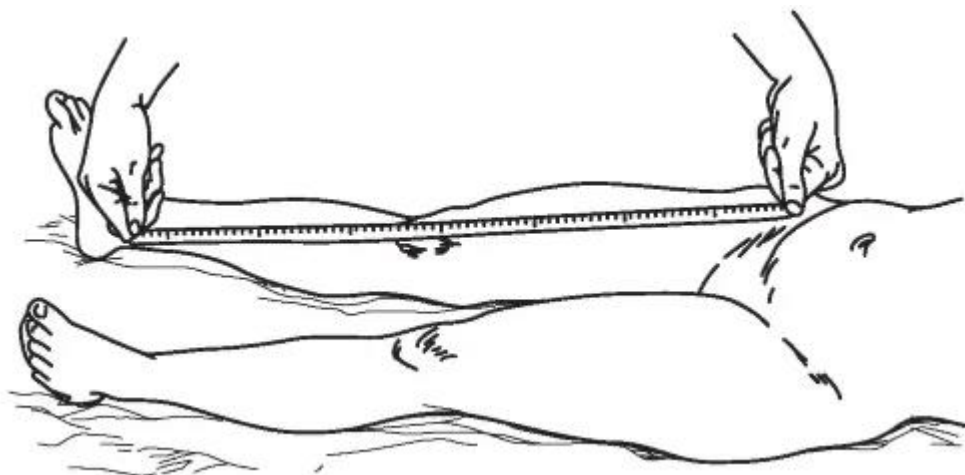


Рисунок 8 – Измерение относительной длины конечности

Одним из важных критериев коксартроза является болевой синдром. Мы производили оценку уровня болевого синдрома по визуальной-аналоговой шкале (ВАШ; Huskisson E., 1974). Этот метод субъективной оценки боли заключается в том, что пациента просят отметить на градуированной линии, длиной 10 см, точку, которая соответствует степени выраженности боли. Левая граница линии соответствует определению «боли нет», правая – «худшая боль, какую можно себе представить». Как правило, используется бумажная, картонная или пластмассовая линейка длиной 10 см. С обратной стороны линейки нанесены миллиметровые деления (100 мм), по которым врач отмечает полученное значение и заносит в лист наблюдения (Рисунке 9).



Рисунок 9 – Вид линейки визуальной аналоговой шкалы (Huskisson E., 1974)

В данной работе мы использовали следующее соответствие уровня боли и оценке по ВАШ [15]:

- нет боли (0-4 мм);
- слабая боль (5-44 мм);
- умеренная боль (45-74 мм);
- сильная боль (75-100 мм).

К безусловным преимуществам этой шкалы относятся ее простота и удобство. При динамической оценке изменение интенсивности боли считается объективным и существенным, если настоящее значение ВАШ отличается от предыдущего более чем на 13 мм.

Результаты эндопротезирования тазобедренного сустава изучались с помощью клинического, лабораторного, рентгенологического методов исследования. Оценка ближайших и отдаленных результатов эндопротезирования проводилась по шкале OHS (Приложение Б) и по шкале HHS (Harris W. H., 1969) (Приложение В) [15].

Оксфордская шкала оценки состояния тазобедренного сустава (Oxford hip score, OHS) – инструмент оценки состояния тазобедренного сустава, разработанный для оценки степени инвалидности у пациентов, перенесших тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава (ТЭТС). OHS – опросник, ориентированный на пациента и предназначенный для оценки функциональных возможностей и болевых ощущений с точки зрения пациента; содержит двенадцать пунктов, широко цитируется в ортопедической литературе. Было доказано, что OHS очень чувствителен к изменениям у пациентов, перенесших первичное тотальное эндопротезирование, он хорошо коррелирует с удовлетворенностью пациентов. Было установлено, что OHS более чувствителен к изменениям, чем общие показатели, такие как SF-36 и показатели, специфичные для конкретного заболевания, такие как WOMAC. OHS использовался в самых разных контекстах, в том числе в исследованиях, сравнивающих разные протезы, ожидания хирургов и пациентов, а также результаты лечения пациентов Национальной службы

здравоохранения и частных пациентов. Минимальный результат по шкале OHS 0 баллов (отличный результат), максимально отрицательный – 48 баллов.

Шкала HHS состоит из 10 вопросов/пунктов, которые можно разделить на четыре категории: боль, функция, диапазон движений и деформация. Шкала варьируется от 0 до 100 баллов. Шкала HHS отличается от других шкал оценки состояния тазобедренного сустава тем, что включает в себя как объективные, так и субъективные показатели. По шкале Харриса все показатели суммировались, и производилась общая оценка состояния тазобедренного сустава больного. При этом сумма баллов 100-90 по Харрису соответствовала отличному результату, 89-80 баллов – хорошему, 79-70 баллов – удовлетворительному. При сумме баллов меньше 70 – функция сустава оценивалась как неудовлетворительная [15].

Шкала оценки забытых суставов (FJS-12) состоит из двенадцати равноценных вопросов, на каждый из которых дается ответ по пятиуровневой шкале Лайкерта, направленной на измерение удовлетворенности пациентов (Приложение Г). Анкета была разработана с учетом того, что осведомленность о суставах является очень важным и высокодискриминационным параметром результата, особенно у пациентов с хорошей или отличной функцией суставов. Ответы на каждый вопрос оцениваются индивидуально и суммируются для создания необработанного составного балла, который нормализуется в диапазоне от 0 (худшее состояние) до 100 баллов (наилучшее состояние).

По сравнению с другими шкалами удовлетворенности и боли, такими как индекс артрита Западного Онтарио и Университета Макмастера (WOMAC)<sup>24</sup> и индекс исходов нетрудоспособности тазобедренного сустава и остеоартрита (HOOS)<sup>25</sup>, FJS-12 имеет высокую согласованность повторных тестов и очень низкий эффект потолка, что обеспечивает ему многообещающую способность различать пациентов с хорошими и отличными результатами.

Кроме того, имеются убедительные доказательства хорошей конструктивной валидности относительно FJS-12 в отношении как полной тазобедренной, так и полной замены коленного сустава, с умеренными доказательствами хорошей внутренней согласованности.

Шкала оценки качества жизни SF-36, или опросник SF-36 (англ. The ShortForm-36) – неспецифический опросник для оценки качества жизни пациента, широко используемый при проведении исследований качества жизни в странах Европы и в США. Он был принят для оценки качества жизни в Италии, Франции, Австралии и общей популяции США. В странах Европы и в США были проведены исследования отдельных групп людей и получены результаты по нормам для здорового населения и для больных с различными хроническими заболеваниями (с распределением на группы соответственно возрасту и полу) (Приложение Д) [2].

Опросник отражает общее благополучие и степень удовлетворенности теми сторонами жизнедеятельности человека, на которые влияет состояние здоровья.

SF-36 состоит из 36 вопросов, сгруппированных в восемь шкал: физическое функционирование, ролевая деятельность, телесная боль, общее здоровье, жизнеспособность, социальное функционирование, эмоциональное состояние и психическое здоровье. Показатели каждой шкалы составлены таким образом, что чем выше значение показателя (от 0 до 100), тем лучше оценка по избранной шкале. Из них формируют два параметра: психологический и физический компоненты здоровья [2].

Приведенная система оценки результатов лечения не является идеальной по той причине, что не учитывает состояние противоположного тазобедренного сустава, а также других суставов. Данная система использовалась в основном при изучении состояния больного в отдаленные сроки после операции. При этом степень атрофии мышц определялась с помощью измерения длины окружности бедра сантиметровой лентой и сравнения этих данных с измерениями противоположной конечности на том же уровне [15].

Оценка клинических и функциональных показателей была выполнена методом анкетирования при помощи шкалы ВАШ, шкалы Харриса (Harris Hip scale), опросника OHS (OXFORD HIP SCORE) до операции, в раннем и позднем послеоперационных периодах, через 3, 6, 12 месяцев после операции.

### 2.3.2 Инструментальные методы

Рентгенологическое исследование использовали в качестве объективного метода оценки состояния тазобедренного сустава у всех наших пациентов. Исследование выполняли в прямой (коронарной или фронтальной) и боковой (сагиттальной) проекциях. По рентгенограммам определяли динамику изменений контуров тазобедренного сустава, пространственного положения составляющих его компонентов, состояние костной ткани, ее плотность, соотношение костеобразующих и остеолитических процессов [15].

Выполнялась прямая обзорная рентгенография таза и обоих тазобедренных суставов с захватом верхних 2/3 бедренной кости. Затем выполнялась аксиальная рентгенограмма пораженного сустава. По показаниям производилась рентгенография тазобедренных суставов в положении стоя и дополнительных проекциях, рентгенография поясничного отдела позвоночника, других суставов.

При выполнении переднезаднего снимка тазобедренного сустава больной укладывается на рентгеновском столе на спину. Непосредственно под столом параллельно ему помещается кассета размером 30×40 см с захватом проксимальной половины бедренных костей. Центральный рентгеновский пучок направляется на симфиз перпендикулярно к кассете. Расстояние между лучевой трубкой и суставом составляло 100 см. Это расстояние всегда строго соблюдалось в связи с тем, что имеющиеся шаблоны эндопротезов изготавливались с 15%-м увеличением истинного размера сустава, что соответствует рентгенологическому изображению сустава с фокусного расстояния 100 см [15].

Конечности пациента во время исследования находятся в положении полного разгибания с внутренней ротацией стоп на 15° (в случаях наличия контрактур в суставе – максимально возможного разгибания; снимки бедренной кости в таком случае выполнялись отдельно). Аксиальная рентгенограмма тазобедренного сустава выполнялась в положении «лягушки». Для этого пораженная конечность укладывалась на плоскости стола в положении сгибания в коленном суставе 90°, при этом бедро оказывалось развернутым кнаружи на 90° [15].

Тем не менее могут возникать ошибки в определении истинных размеров костных структур, которые могут быть обусловлены разным расстоянием от кожи до объекта и от объекта до кассеты вследствие различий конституции и питания больных. Наиболее простым и эффективным методом решения данной проблемы является использование рентгенпозитивного шаблона с известными размерами, который укладывался по наружной поверхности бедра на уровне тазобедренного сустава. Зная размеры шаблона и измерив их на рентгенограмме, легко определить коэффициент увеличения и соответственно истинные размеры костных структур. Полученные данные учитывали при выборе вида и размера эндопротеза, а также характера его фиксации [15].

КТ-исследование выполняли для предоперационного планирования. Были получены изображения от крыла подвздошной кости до мыщелка бедренной кости с помощью спирального КТ-сканера (Aquilion 16; Toshiba Medical Systems, Токио, Япония). Данные были перенесены на 3D-шаблон (программное обеспечение для планирования NAV CT-BASED HIP1.3, Stryker) для определения оптимального размера, угла и положения чашки. Для определения тазовой плоскости были взяты восемь контрольных точек на тазу (двусторонние 97 передние верхние подвздошные ости, двусторонние лобковые бугорки, самые дистальные точки обеих седалищных костей, середина лобкового симфиза и срединная плоскость крестца). Мы использовали функциональную плоскость таза (FPP), то есть плоскость, определяемую, когда таз находится в положении лежа на спине, параллельно столу КТ с регулировкой вращения до тех пор, пока двусторонние передние подвздошные ости не коснутся той же горизонтальной плоскости, в качестве референтной плоскости для углов выравнивания чашки.

Все операции выполнялись из переднебокового доступа в положении лежа на боку. При раТЭТС для регистрации положения таза использовались методы сопоставления поверхностей в соответствии с предписанным протоколом. Во время рассверливания вертлужной впадины при раТЭТС выравнивание углов, положение и глубина сверла контролировались роботизированной рукой. Импактор чашки также удерживался роботизированной рукой и контролировался

в соответствии с целевыми углами и положением чашки; таким образом, хирургу оставалось только вбивать импактор.

При мМТЭТС для регистрации таза использовались методы сопоставления шаблонов на фронтальной рентгенограмме и КТ во фронтальной и аксиальной проекциях. Впоследствии рассверливание вертлужной впадины и установка чашки выполнялись под мануальным контролем. Во время мМТЭТС хирург должен контролировать размер и импактор чашки с помощью ручных навигационных устройств. Для послеоперационной оценки всем пациентам примерно через 1 неделю после операции проводилась КТ. Используя эти данные, мы измерили послеоперационные углы выравнивания и положение чашки. Послеоперационные углы чашки измеряли по тому же протоколу, что и при предоперационном планировании с помощью системы шаблонов. Все контрольные точки на предоперационном плане копировали вручную, а FPP корректировали таким же образом, как и при предоперационном планировании. Трехмерные модели вертлужной чашки были наложены на изображения фактической имплантированной чашки, а углы и положение чашки при рМТЭТС измерялись автоматически.

Для оценки положения вертлужной чашки положение чашки определялось с помощью системы шаблонов и измерителя углов компьютерной программы (Рисунок 10). Угол наклона чашки во фронтальной плоскости (УНЧ) измерялся между прямой, соединяющей вершину крыши вертлужной впадины, и фигурой слезы с горизонтальной линией.

На КТ во фронтальной плоскости УНЧ определялся таким же методом: в аксиальной плоскости определяли угол антеверсии чашки, проводя линию между передней и задней точками вертлужной впадины и перпендикуляром к фронтальной плоскости (линией сагиттальной плоскости) (Рисунок 11).

Для оценки точности выравнивания чашки мы измерили абсолютную разницу между предоперационными записями и послеоперационными измерениями, предоперационными записями и интраоперационными измерениями, а также интраоперационными записями и послеоперационными

измерениями. Все углы выравнивания чашки были выражены на основе рентгенологического определения в данном исследовании.

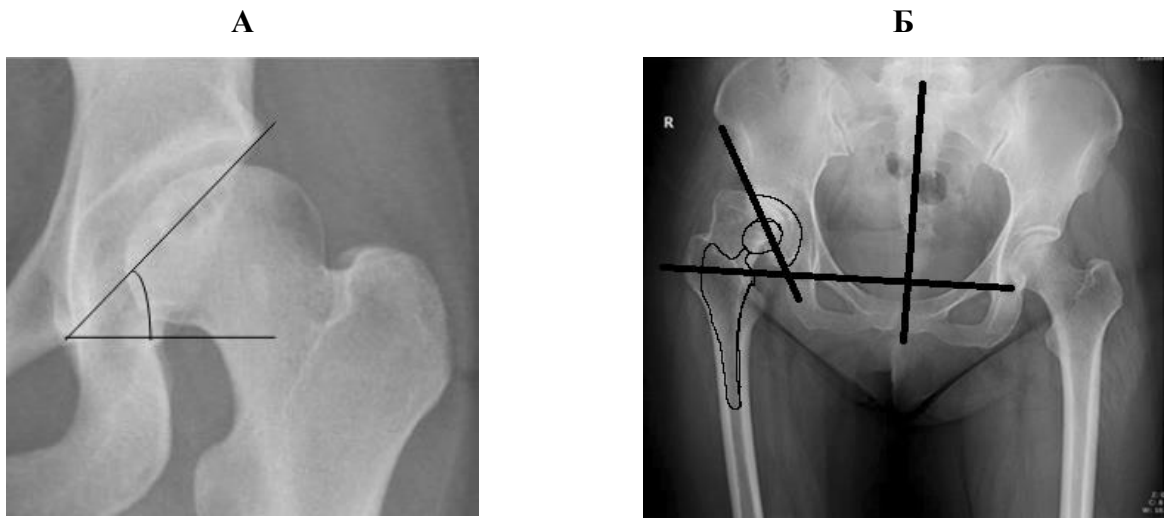
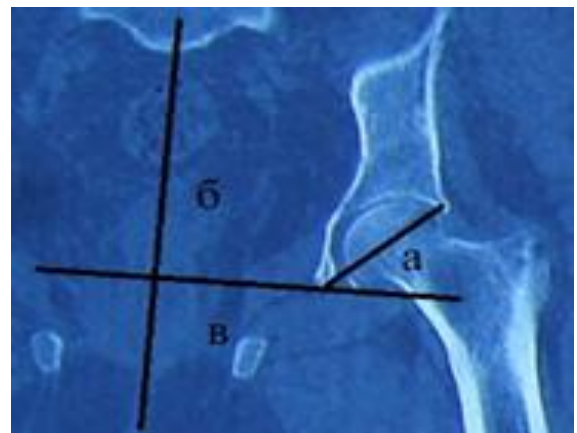


Рисунок 10 – Определение угла наклона чашки во фронтальной плоскости (А) на рентгенограмме и планирование позиции имплантата (Б)

### Фронтальная проекция



### Аксиальная проекция

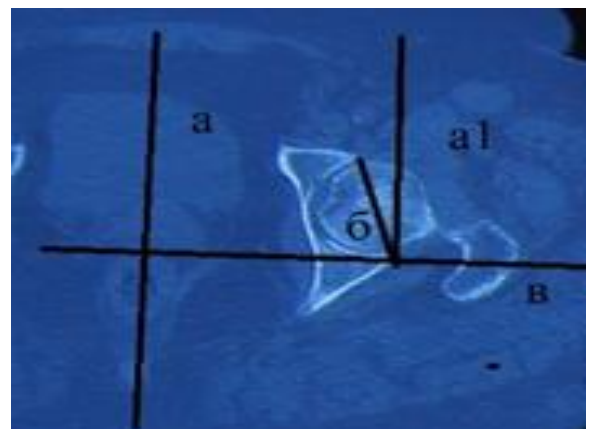


Рисунок 11 – Определение углов положения чашки по КТ

Рентгенографическое исследование проводилось на аппаратах «Сиреграф СФ» (Siemens, Германия), которые ориентированы как на обычную кассетную съемку, так и на цифровую систему обработки изображения. В операционных рентгенологических контроль осуществлялся с помощью электронно-оптического преобразователя «Аркоскоп SXT-900А» (Toshiba, Япония) и «Сиремобиль 2» (Siemens, Германия), которые дают практически неограниченные возможности проекции, при этом не мешая ходу операции [15].

По полученным рентгенограммам определяли рентгенологическую стадию коксартроза в соответствии с критериями Kellgren J. H. и Lawrence J. S. (Рисунок 12) [15]:

0 – отсутствие рентгенологических признаков;

I – кистовидная перестройка костной структуры, линейный остеосклероз в субхондральных отделах, появление маленьких краевых остеофитов;

II – симптомы I стадии + более выраженный остеосклероз + сужение суставной щели;

III – выраженный субхондральный остеосклероз, большие краевые остеофиты, значительное сужение суставной щели;

IV – грубые массивные остеофиты, суставная щель прослеживается с трудом, эпифизы костей, образующих сустав, деформированы, резко уплотнены.



Рисунок 12 – Иллюстрация шкалы коксартроза: А – 1 ст., Б – 2 ст., В – 3 ст., Г – 4 ст. (по Kellgren J. H. и Lawrence J. S., 1957)

Классификация врожденной дисплазии бедра у взрослых по Кроу (Crowe J. F., 1979) представлена на Рисунке 13.

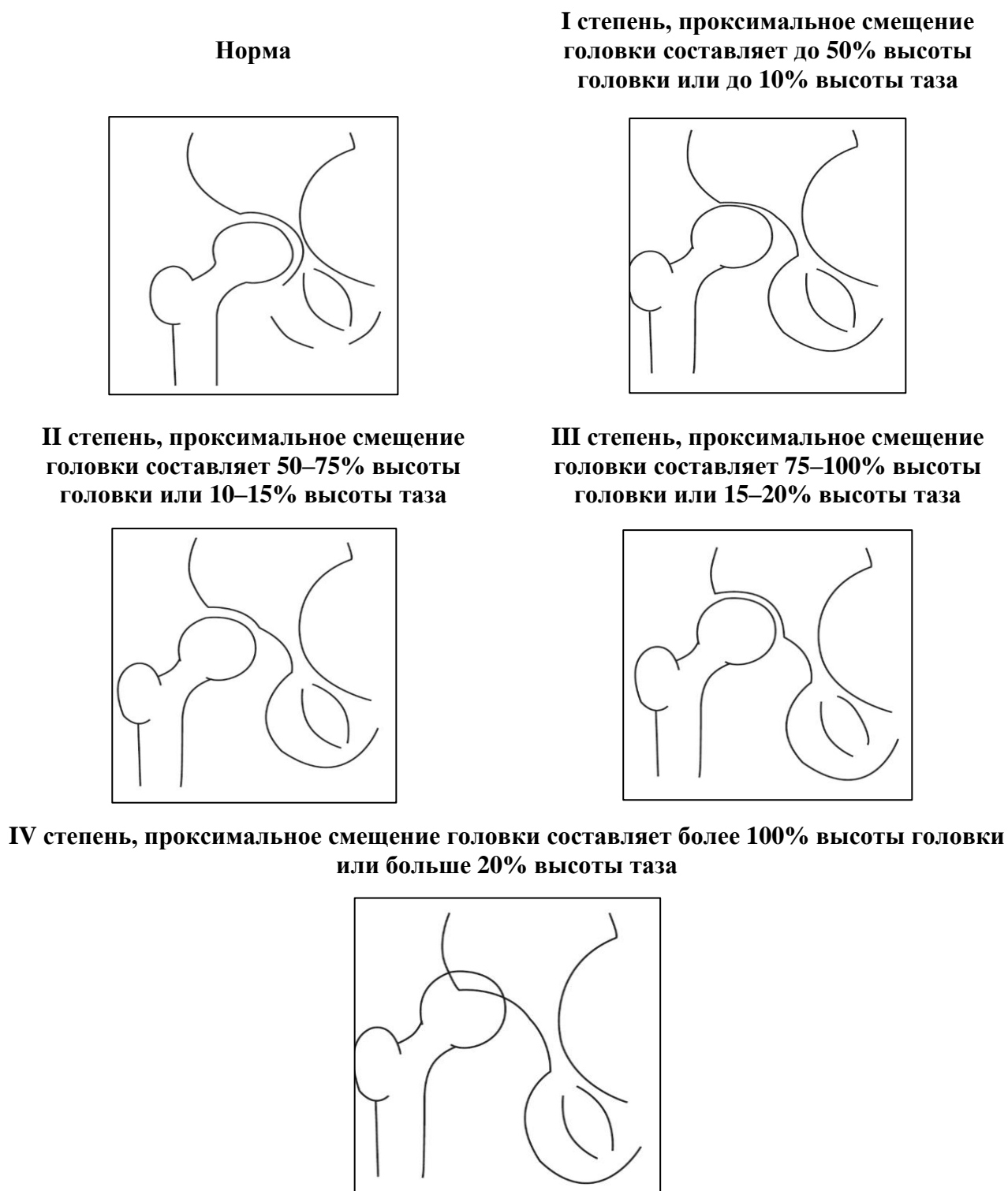


Рисунок 13 – Иллюстрация классификации врожденной дисплазии бедра у взрослых по Кроу (Crowe J. F., 1979)

Всем пациентам был проведен ряд исследований:

– обзорная рентгенография таза в натуральную величину (1к1“100%”) (фронтальная проекция и фокусное расстояние 1,1 м);

– КТ-исследования по протоколу Мако Stryker на этапе предоперационного планирования.

– КТ-исследование для пациентов с выраженной дисплазией сустава на этапе предоперационного планирования.

Учитывались такие предоперационные показатели, как пол, возраст, ИМТ пациента, угол наклона чашки во фронтальной проекции и угол антеверсии чашки в аксиальной проекции, укорочение конечности, интенсивность болевого синдрома, амплитуда пассивных движений.

Оценка клинических и функциональных показателей была выполнена методом анкетирования при помощи шкалы ВАШ, шкалы Харриса (Harris Hip scale), опросника OHS (OXFORD HIP SCORE) до операции, в раннем и позднем послеоперационных периодах, через 3, 6, 12 месяцев после операции.

## 2.4 Проводимое лечение

Лечение пациентов из основной группы (группа I) осуществляли с использованием робота МАКО, лечение пациентов из группы сравнения (группа II) – выполнена традиционная мануальная методика тотального эндопротезирования тазобедренного сустава.

Перед операцией пациентам группы II (ммТЭТС) проводили рентген – обзорный снимок таза в натуральную величину для предоперационного планирования: определения приблизительных размеров, углов наклона компонентов эндопротеза и длину конечности. Пациентам группы I (раТЭТС) перед операцией проводили компьютерную томографию суставов по протоколу Мако Stryker для создания трехмерной модели. В соответствии с характеристиками заболевания пациента составляли план операции, спроектировав модель вертлужной впадины, угол разгибания вертлужной впадины и угол наклона вперед,

разницу в длине нижних конечностей и т.д. Во время операции, при необходимости, корректировали угол разгибания и угол наклона вперед протеза вертлужной впадины для покрытия костной массы. Основываясь на трехмерной модели, разрабатывали положение вертлужной впадины, угол разгибания и угол наклона вперед, диаметр протеза вертлужной впадины, эксцентриситет, размер и тип ножки с головкой бедренной кости и рассчитывали длину нижней конечности для пациента.

В целях профилактики асептической нестабильности компонентов эндопротеза пациенты получали базисную остеотропную терапию в течение 6 месяцев с момента операции. В обязательном порядке в предоперационном периоде и в контрольные сроки после эндопротезирования (3, 6 и 12 мес.) всем пациентам проведены рентгенография (обзорный снимок таза 100%), биомеханическое обследование (степень опорности, угол сгибания). Также на первые сутки после операции проводились процедуры с реабилитологом: активизация, обучение хождению с дополнительной опорой на костыли и упражнения для разработки движений в тазобедренном суставе.

Работа выполнена согласно «Этическим принципам проведения научных медицинских исследований с участием человека» Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации с поправками 2013 г. и в соответствии с «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом МЗ РФ от 19.06.2003 № 266.

## **2.5 Методы статистической обработки**

Все статистические анализы, за исключением сопоставления оценок склонности, были выполнены с использованием программного обеспечения SPSS версии 22.0 (IBM Corp., Армонк, штат Нью-Йорк). Демографические данные пациентов, углы выравнивания чашки и значения положения чашки сравнивались между группами ратЭТС и ммТЭТС с использованием U-критерия Манна – Уитни. Надежность значений выравнивания и положения чашки оценивалась путем

определения межисследовательской и внутриисследовательской воспроизводимости в 20 случайно выбранных случаях. Все оценки для этих 20 случаев были повторены дважды двумя разными наблюдателями, каждый из которых не знал о результатах, предоставленных другим наблюдателем, после чего была рассчитана внутриэкспертная и межэкспертная надежность. Значение  $p$  менее 0,05 считалось статистически значимым.

Для подтверждения адекватности размера выборки был проведен постфактумный анализ размера эффекта и статистической мощности с использованием программного обеспечения G\*power 3.1.9.4. Исходя из рассчитанного размера эффекта, статистическая мощность превысила 0,8, что указывает на то, что 42 случая в каждой группе было бы достаточно для выявления статистически значимых различий.

### **ГЛАВА 3. МЕТОДИКА РОБОТ-АССИСТИРОВАННОГО ТОТАЛЬНОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА ПРИ ДИСПЛАЗИИ**

Послеоперационный эффект предопределяется влиянием множества разных факторов, таких как состояние пациента, выбор хирургического метода, тип протеза, а также само расположение протеза. Навигация системы ТЭТС с помощью роботизированной руки МАКО (Stryker Corporation, США, MAKO Robot) гарантирует точность позиционирования протеза вертлужной впадины, а угол наклона, длину ноги и эксцентриситет протеза можно визуально регулировать во время операции. Имеется безотказный фиксирующий механизм для препарирования вертлужной впадины и имплантации вертлужной чашечки. Состояниями, требующими более пристальной предоперационной подготовки при реконструкции тазобедренного сустава, являются: аномальное развитие костей, искаженная анатомическая структура тазобедренного сустава, что приводит к различиям в длине нижних конечностей, смещению центра вращения вертлужной впадины и снижению костной массы внутри и вокруг вертлужной впадины. Это может привести к ограничению движений в тазобедренном суставе и вывихам.

#### **3.1 Общая характеристика роботизированной системы МАКО и её компонентов**

Система Мако предназначена для помощи хирургу в определении пространственных границ с помощью программного обеспечения для ориентирования и получения опорной информации по анатомическим структурам во время выполнения тотального эндопротезирования тазобедренного сустава (ТЭТС).

Система Мако состоит из резекционного модуля, манипулятора роботизированной системы, стойки для камеры и модуля управления (Рисунок 14).



Рисунок 14 – Составные части системы Mako

Прикладное программное обеспечение Mako TNA Application загружаем в систему Mako System и используем вместе со всеми имплантатами, приборами, инструментами и расходными материалами, необходимыми для проведения процедуры ТЭТС.

### 3.2 Предоперационное КТ-сканирование: протокол и требования

На первом этапе выполняли компьютерную томографию таза и конечностей пациента для планирования операции.

#### Протокол КТ-сканирования МАКО ТЭТС

1. Подготовку и КТ-сканирование выполняли в положении пациента лежа на спине не более чем за 8 недель до проведения операции MAKOplasty® TNA. Пациента размещали на столе для КТ-сканирования таким образом, чтобы свести к минимуму перекос таза. Для этого выравниваются обе нижние конечности на уровне лодыжек и обоих коленных суставов, пальпируя передние верхние

подвздошные ости, и сравнивается их относительная высота над столом, контролируется выравнивание продольной оси тела с продольной осью стола КТ-сканера.

2. Требования в КТ-сканировании: сканировали две области: таз и коленные суставы, используя одну серию с шагом 0,5-1,0 мм интервал в течение всего сканирования. Область сканирования включает обе стороны таза (медиальный/латеральный/передний/задний/верхний) и зону по крайней мере на 180 мм ниже малого вертела бедренной кости. Матрица 512×512: изображение должно быть квадратным (кВ: 120-140, миллиампер: 200-250).

Если в тазу или проксимальном отделе бедра присутствовали металлические компоненты, получить изображение достаточно высокого качества для поддержки процедуры RIO® ТНА было невозможно. Тогда удаляли металлический компонент из области сканирования, если это возможно, или использовали протокол сканирования с подавлением интерференции металла (Рисунок 15).

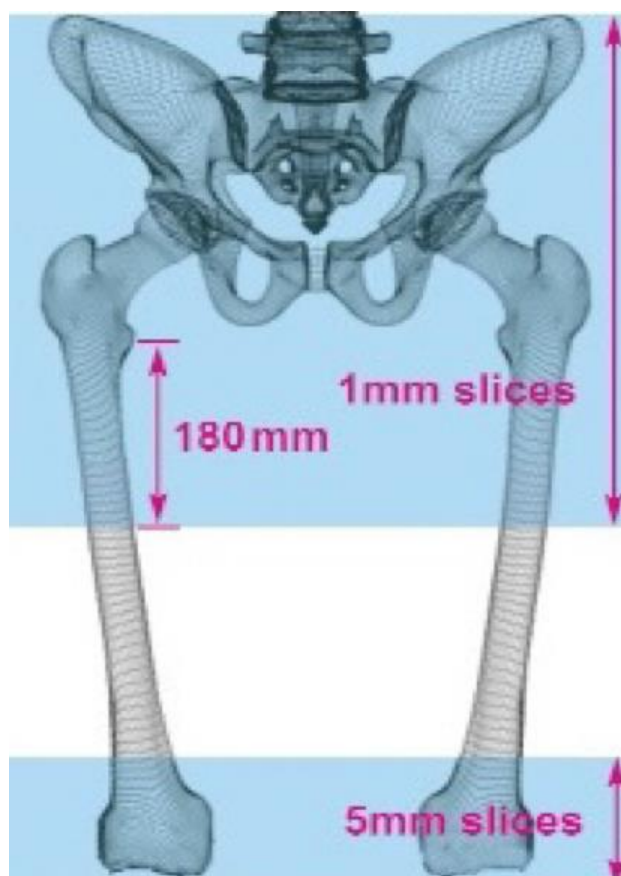


Рисунок 15 – Области и характеристики КТ-сканирования

После получения изображения КТ-сканирования мы и КТ-оператор проверяли правильность выполнения процедуры. Все полученные изображения архивировали на один компакт-диск или USB-накопитель в формате, совместимом с DICOM 3. Далее диск или USB-накопитель с изображением переносили на компьютер со специальной программой и приступали к планированию.

### 3.3 Предоперационное планирование робот-ассистированного эндопротезирования

Шаг 1: предоперационная оценка значений длины бедра и комбинированного смещения. Для этого в планере включали режим «Pre-Op Mode» (Предоперационный режим), который показывает различия в длине тазобедренного сустава пациента до операции и комбинированном смещении по сравнению с противоположным бедром (Рисунок 16).

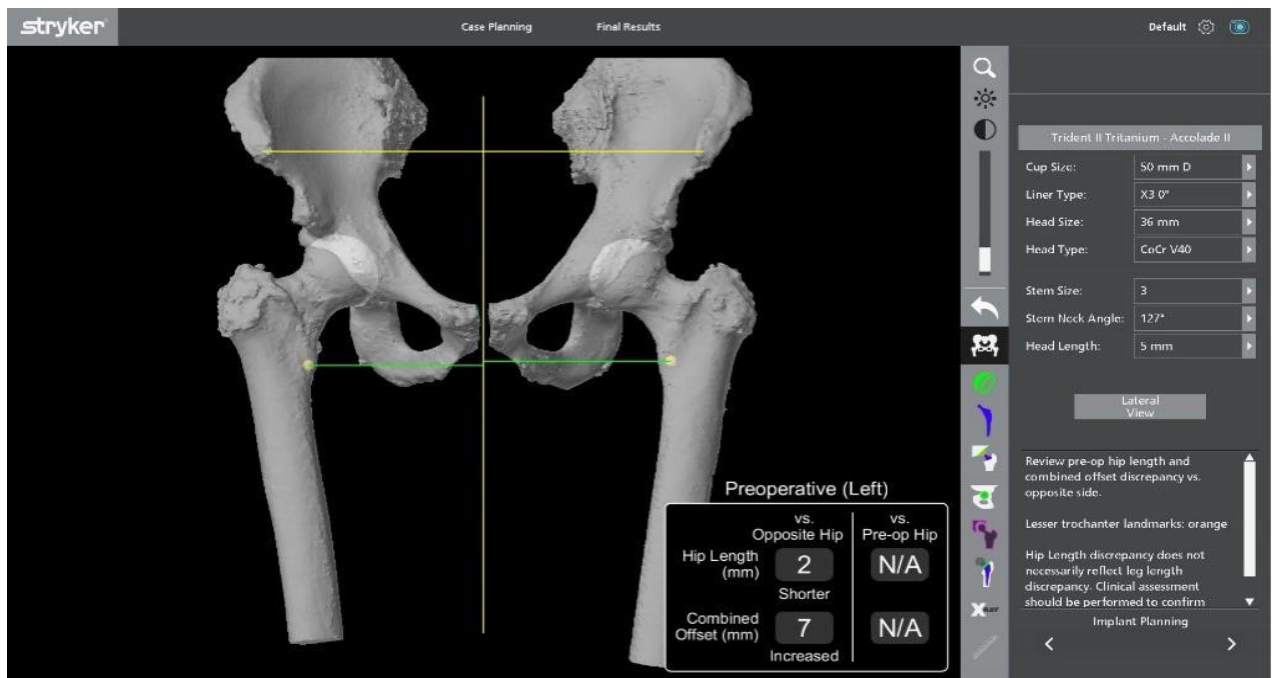


Рисунок 16 – Определение длины сустава и офсета по точке малого вертела

При диспластическом коксартрозе данные показатели изменялись более выражено (Рисунок 17).

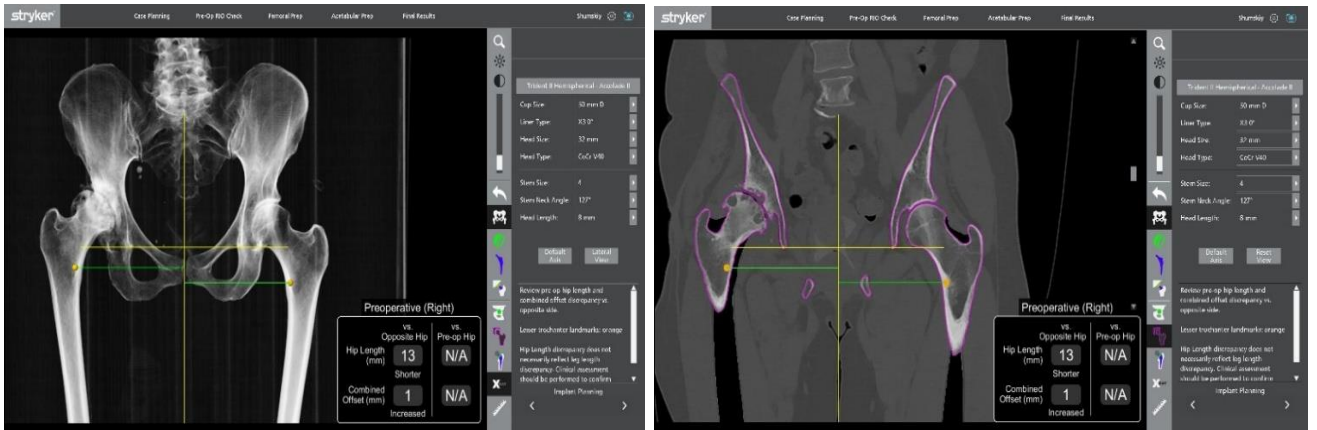


Рисунок 17 – Планирование при дисплазии: определение длины сустава и офсета по точке малого вертела

Шаг 2: планирование размера бедренной ножки в канале определяли с помощью коронарного вида (Coronal) и вида рентгеновских снимков (X-Ray) во вложенном окне. Имплантат был выровнен по центру бедренного канала и располагался непосредственно внутри кортикальных слоев кости (Рисунок 18).

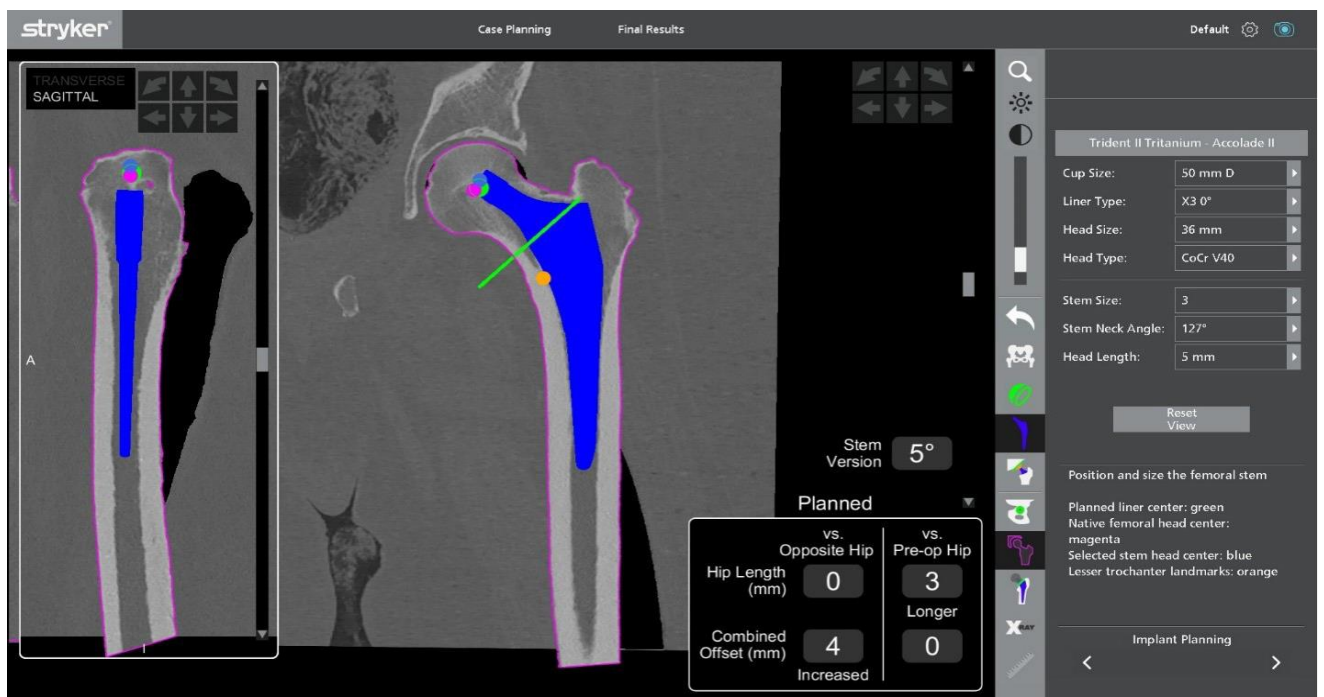
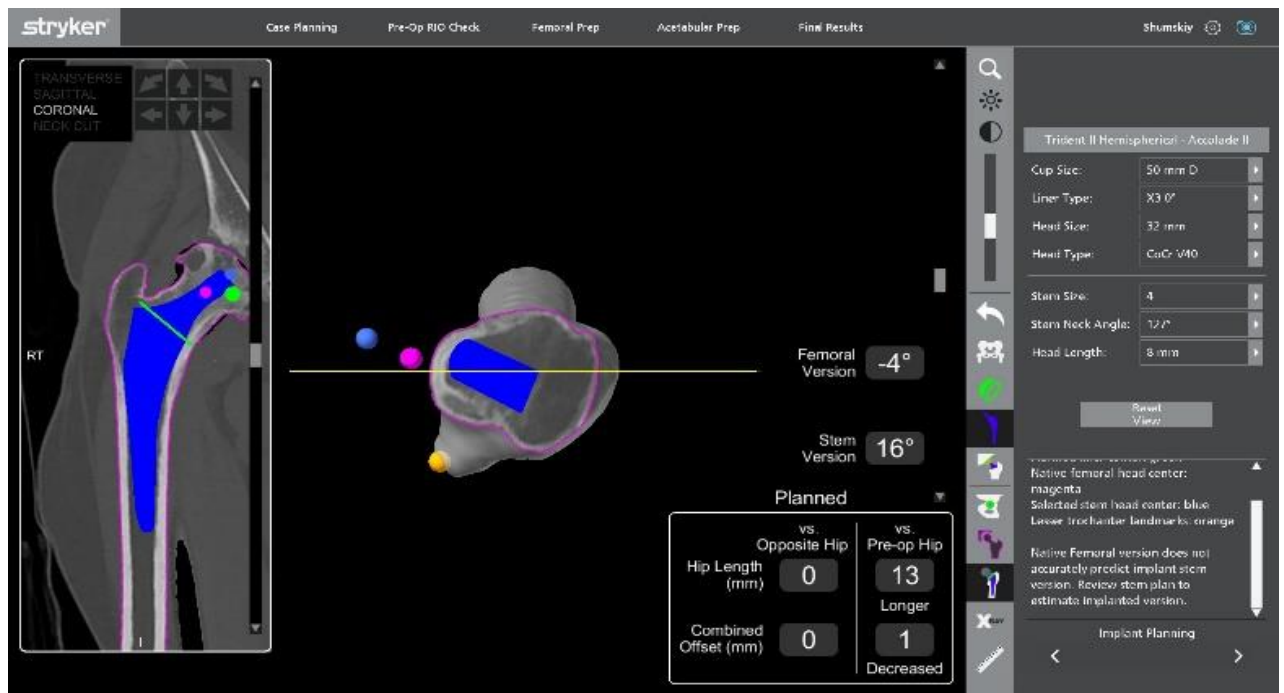


Рисунок 18 – Планирование безцементной ножки (КТ-проекция)

Значения «Hip Length» (Длина тазобедренного сустава) и «Combined Offset» (офсет) предоставляли нам информацию о том, как скорректировать запланированные компоненты импланта при дисплазии для достижения желаемой

длины тазобедренного сустава и желаемого смещения оси импланта до средней оси таза.

Это изображение также выводилось во время управляемой резекции шейки для помощи в размещении долота и первоначальной ориентации рашпиля относительно шейки бедра (Рисунок 19).

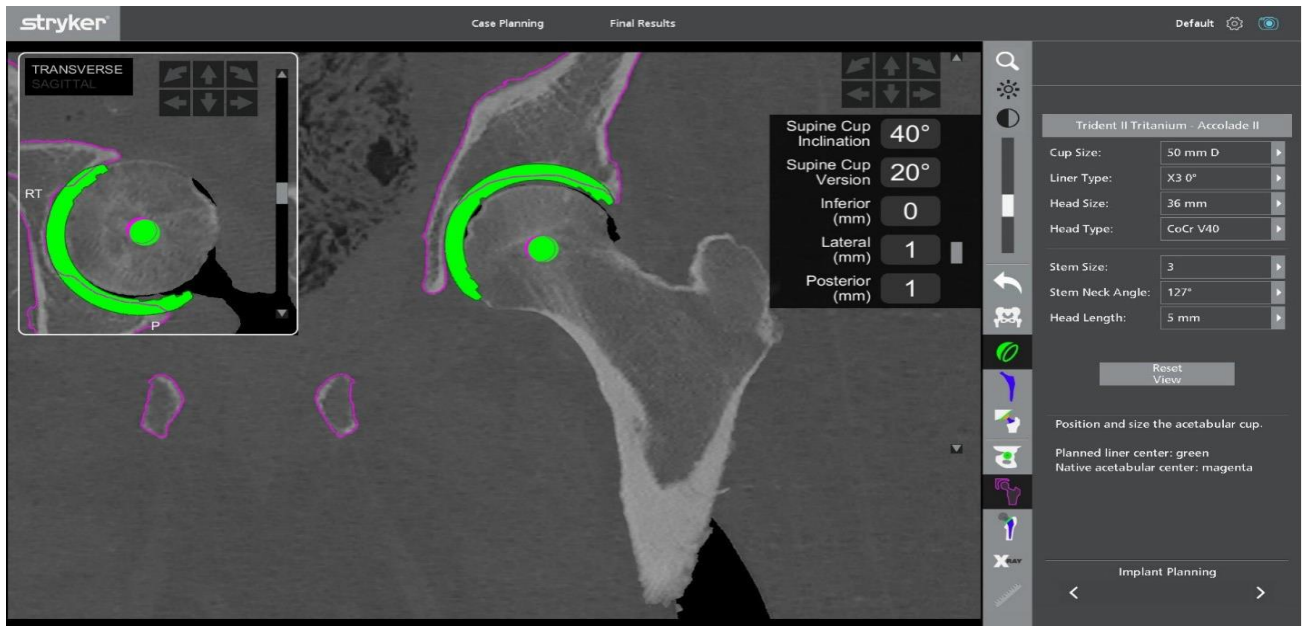


Примечание: Запланированное местоположение показано в КТ-проекции зеленой линией (слева), запланированная ножка показана на уровне резекции шейки на виде разреза шейки (справа).

Рисунок 19 – Запланированное местоположение остеотомии шейки при дисплазии

Шаг 3: планирование параметров положения чашки – наклона в фронтальной проекции и поворота в аксиальной проекции. Для этого использовали режим «Cup Plan Mode» (Режим плана чашки), при этом обеспечивали необходимое костное покрытие для приемлемой фиксации (Рисунок 20).

При дисплазии данная процедура наиболее сложная, так как стандартная позиция чашки неприемлема, поэтому мы варьировали размер чашки в большую или в меньшую сторону размера для большей степени ее покрытости, при этом ориентировались на центр ротации, который был максимально приближен к нативному (Рисунок 21).



Примечание: Показаны наклон и поворот чашки, а также положение запланированного центра вращения головки

Рисунок 20 – Отображение на мониторе ориентации чашки и центра вращения ГОЛОВКИ

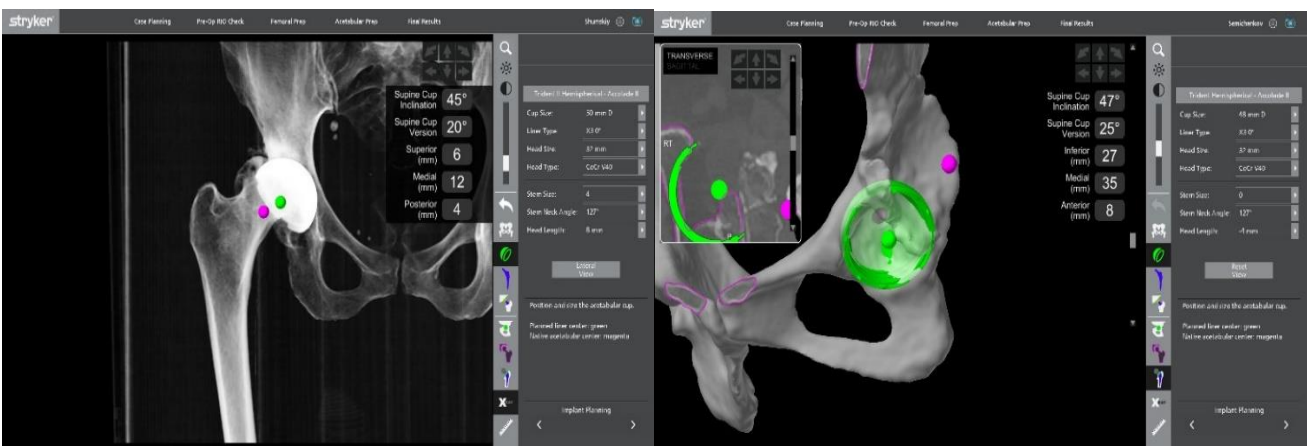


Рисунок 21 – Планирование позиции чашки и центра вращения головки при дисплазии

Поскольку остеофиты являлись частью пораженной остеоартритом вертлужной впадины и головки бедренной кости пациента, обнаруживаемой КТ-сканированием, они были включены в сегментированную модель и необходимы для точной регистрации кости. При этом программа позволяла нам поворачивать трехмерную модель, чтобы увидеть покрытие и положение чашки в анатомической структуре (Рисунок 22).

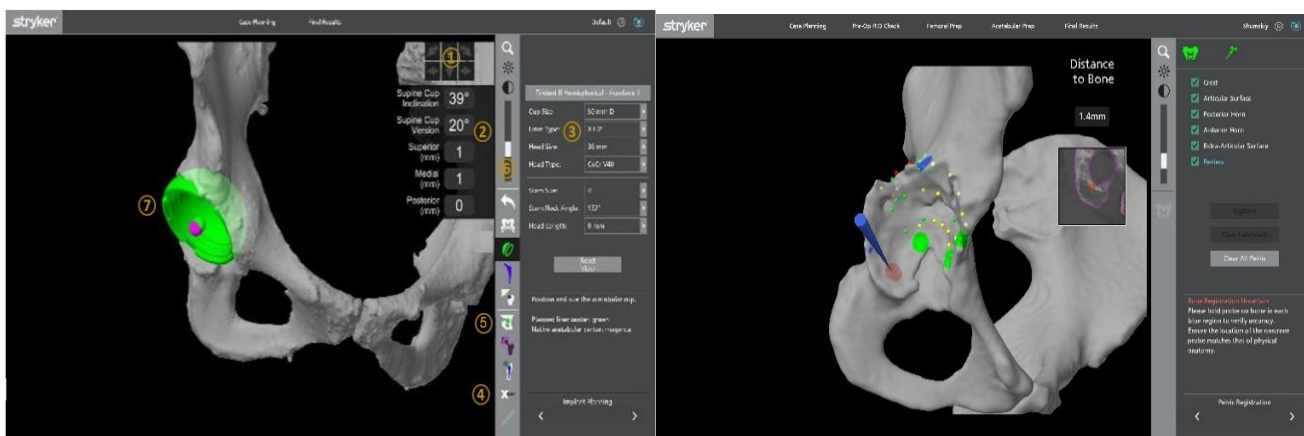


Рисунок 22 – Объемный вид позиции чашки

Позиционировали чашку таким образом, чтобы она располагалась немного сбоку от медиальной стенки (контур пурпурного цвета) вертлужной впадины. На поперечном (Transverse) или сагиттальном (Sagittal) срезах чашка была выровнена по центру спереди и сзади (A/P), при этом не допускали наслаивания на передний или задний края (Рисунок 23).

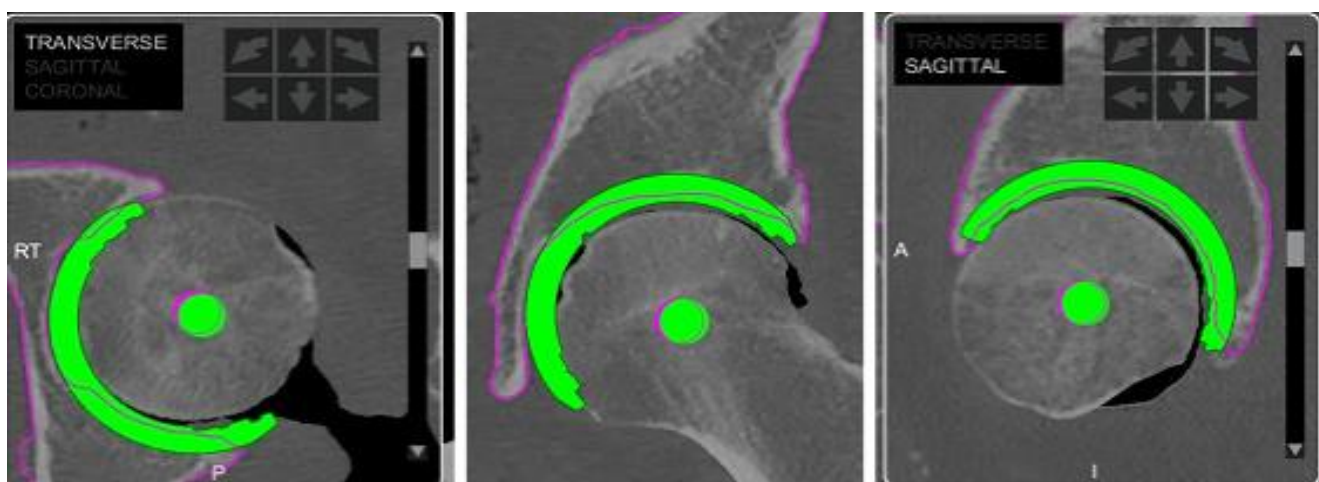


Рисунок 23 – Аксиальный, коронарный и сагиттальный виды чашки надлежащего размера

При осуществлении планирования вертлужной чашки мы следили за тем, чтобы не нарушить медиальную стенку вертлужной впадины. Убедились в том, что центр вращения чашки располагается таким образом, чтобы желаемый диапазон перемещения (ROM) не был ограничен контактом с костью.

При проверке длины тазобедренного сустава, комбинированного смещения и корректировке выбранных компонентов имплантата на странице отображался вправленный вид с вправлением запланированной ножки и головки в центр запланированного вкладыша (Рисунок 24).

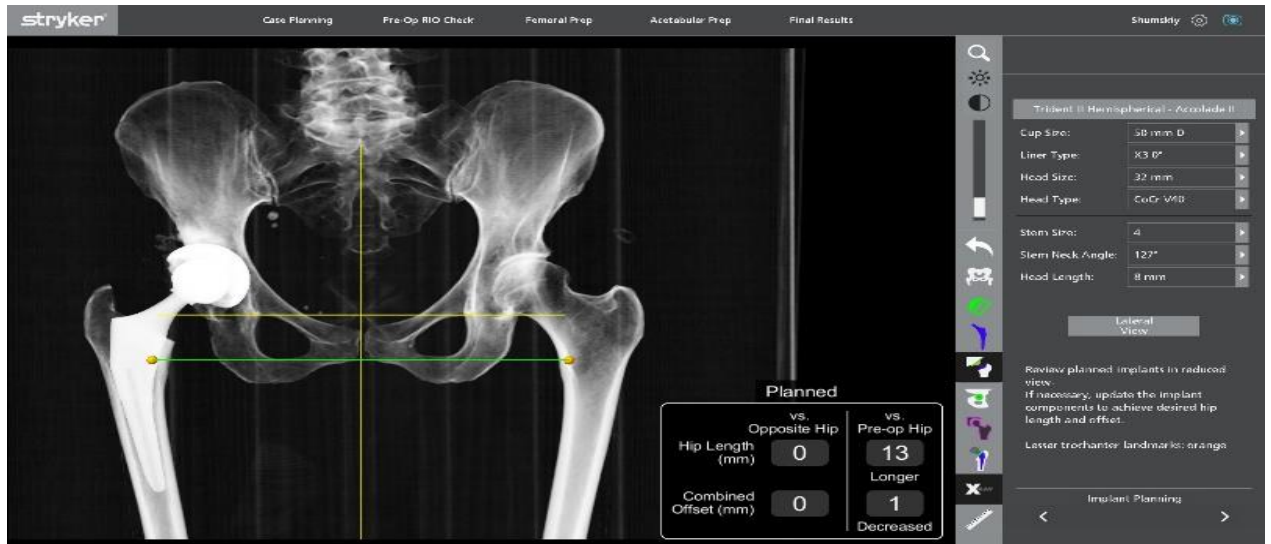


Рисунок 24 – Вид запланированного имплантата на послеоперационных рентгеновских снимках

Когда все параметры позиции и размеров компонентов тазобедренного сустава при компьютерном планировании нас устроили, план операции сохраняли на электронном носителе и приступали к операции.

### 3.4 Техника выполнения робот-ассистированной операции (МАКО ТНА)

Положение пациента и хирургический доступ имеют значение, и прикладное программное обеспечение Mako TNA Application дает возможность применять разные доступы к тазобедренному суставу; мы предпочитаем переднелатеральный хирургический доступ. При расположении пациента в положении лежа на боку его фиксировали с помощью позиционирующих устройств спереди и сзади в области таза, а также спереди и сзади в области грудной клетки. Стабильность пациента критически важна для правильного римирирования вертлужной впадины и имплантации чашки.

После укладки пациента устанавливали точку в проекции нижнего края надколенника на стерильной липкой несмещаемой повязке, которую накрывали стерильной пленкой для разреза (Рисунок 25).

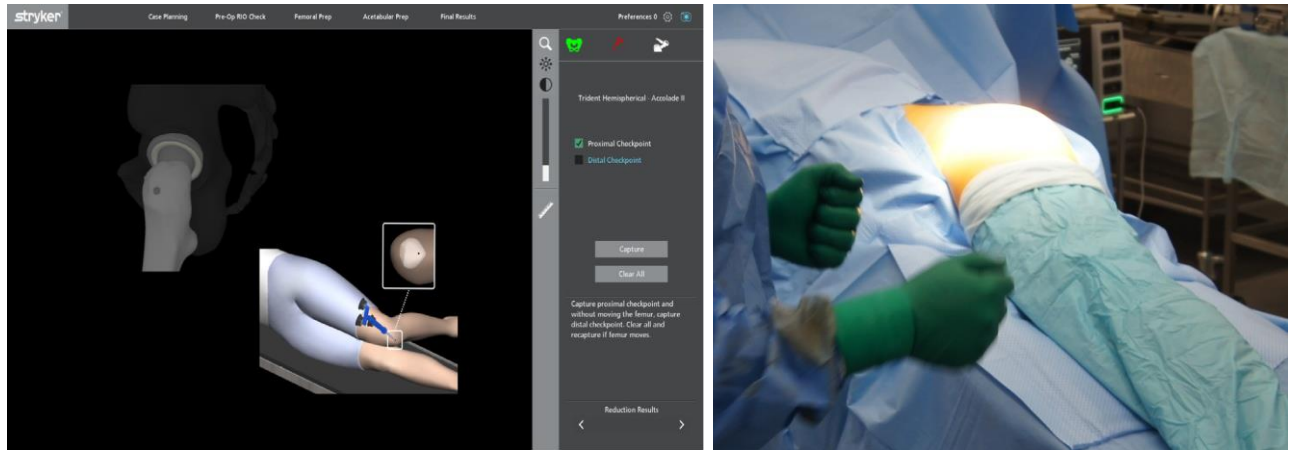


Рисунок 25 – Установка дистального ориентира

После этого приступали к размещению тазовой трекинговой платформы в области гребня подвздошной кости. Комплект инструментов Мако ТНА включает в себя адаптер четырехгранного сверла для вставки костных пинов. Порядок действий при установке пинового фиксатора следующий: в проекции гребня подвздошной кости на расстоянии не менее толщины двух пальцев кзади от передней верхней ости подвздошной кости, на поверхности кожи делали отметки по лазерным меткам на пиновом фиксаторе для гребня (Рисунок 26).



Рисунок 26 – Лазерные метки пинового фиксатора для гребня подвздошной кости

По этим меткам скальпелем прокалывали кожу и через разрез вводили первый костный пин в середину гребня подвздошной кости. Для стабильной фиксации костный пин следовал углу крыла подвздошной кости. При проведении

первого костного пина через срединный разрез муфты пина размещали над установленным костным пином так, чтобы наконечник муфты пина касался кости. Затем устанавливали наружные костные пины через пиновый фиксатор для гребня по длине гребня подвздошной кости (Рисунок 27). Для обеспечения свободного перемещения муфты пинового фиксатора для гребня вниз к поверхности гребня подвздошной кости все костные пины располагались параллельно друг другу.



Рисунок 27 – Расположение костных пинов с помощью направляющего фиксатора

Муфта пина должна касаться кости. Программное обеспечение выводило это напоминание на экран в главном окне на странице «Femoral Landmarks» (Ориентиры бедренной кости) (Рисунок 28).

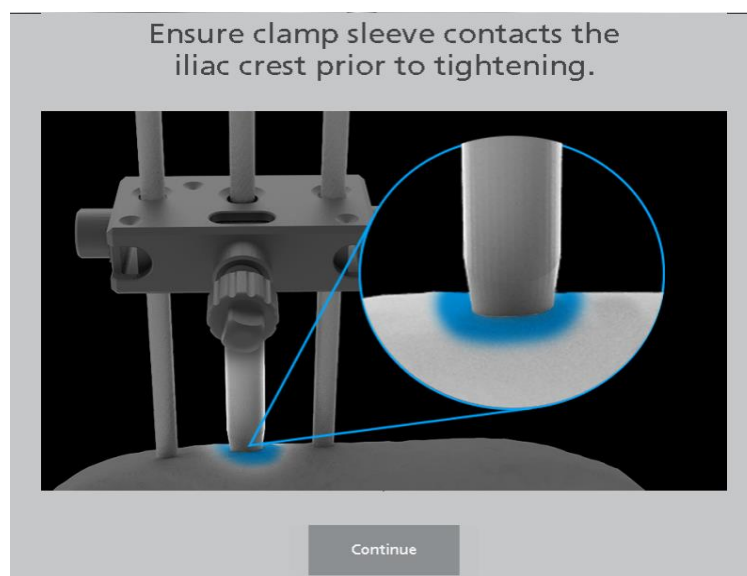


Рисунок 28 – Касание муфты пинового фиксатора гребня подвздошной кости

После контроля правильности установки пинового фиксатора последний затягивали четырехгранной модульной отверткой.

Далее выполняли типичный переднелатеральный доступ без вывихивания бедра, выделяли проксимальную треть бедренной кости для размещения контрольного указателя на боковой поверхности большого вертела, как показано на Рисунке 29.

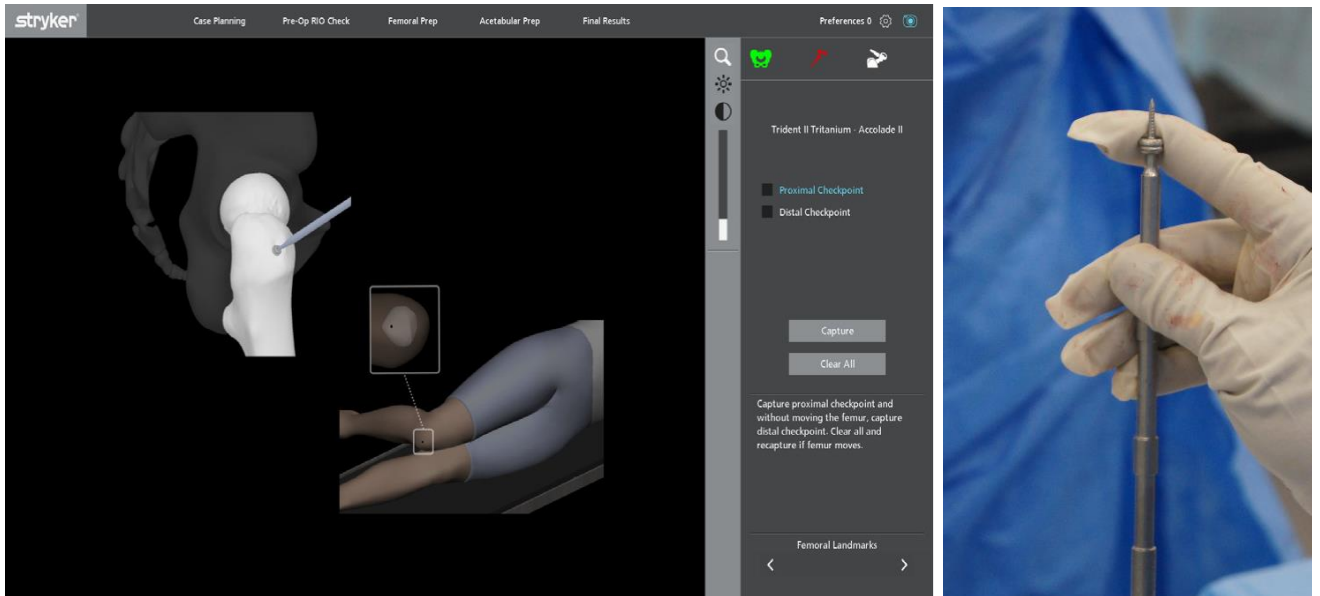


Рисунок 29 – Проксимальный контрольный, указатель для бедренной кости

После выполнения импакции контрольного указателя бедренной кости до кортикальной пластинки мы убеждались, что он закреплен и к нему можно получить доступ.

Регистрация бедренной кости осуществлялась в три этапа:

- 1) ориентиры пациента,
- 2) точная регистрация,
- 3) верификация регистрации.

1. Ориентиры пациента: с помощью зонда собирали все ориентиры бедренной кости, идентифицированные в программном обеспечении, в пределах 5 мм (Рисунок 30).

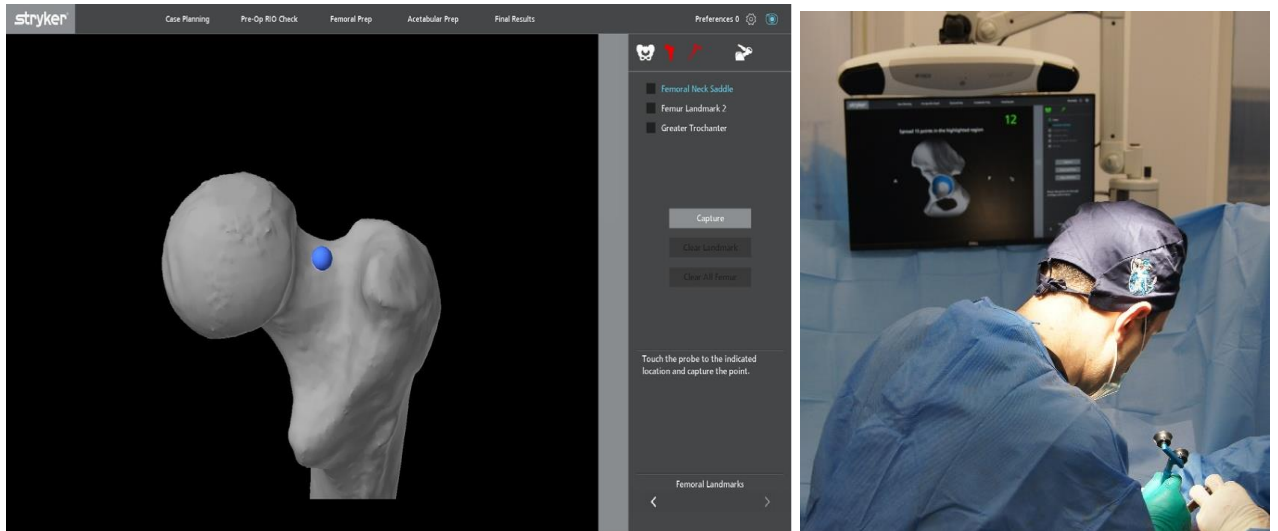


Рисунок 30 – Сбор бедренных ориентиров

2. Точная регистрация: с помощью зонда прикасались к поверхности кости в необходимых областях проксимального отдела бедренной кости, указанных в программном обеспечении (Рисунок 31).

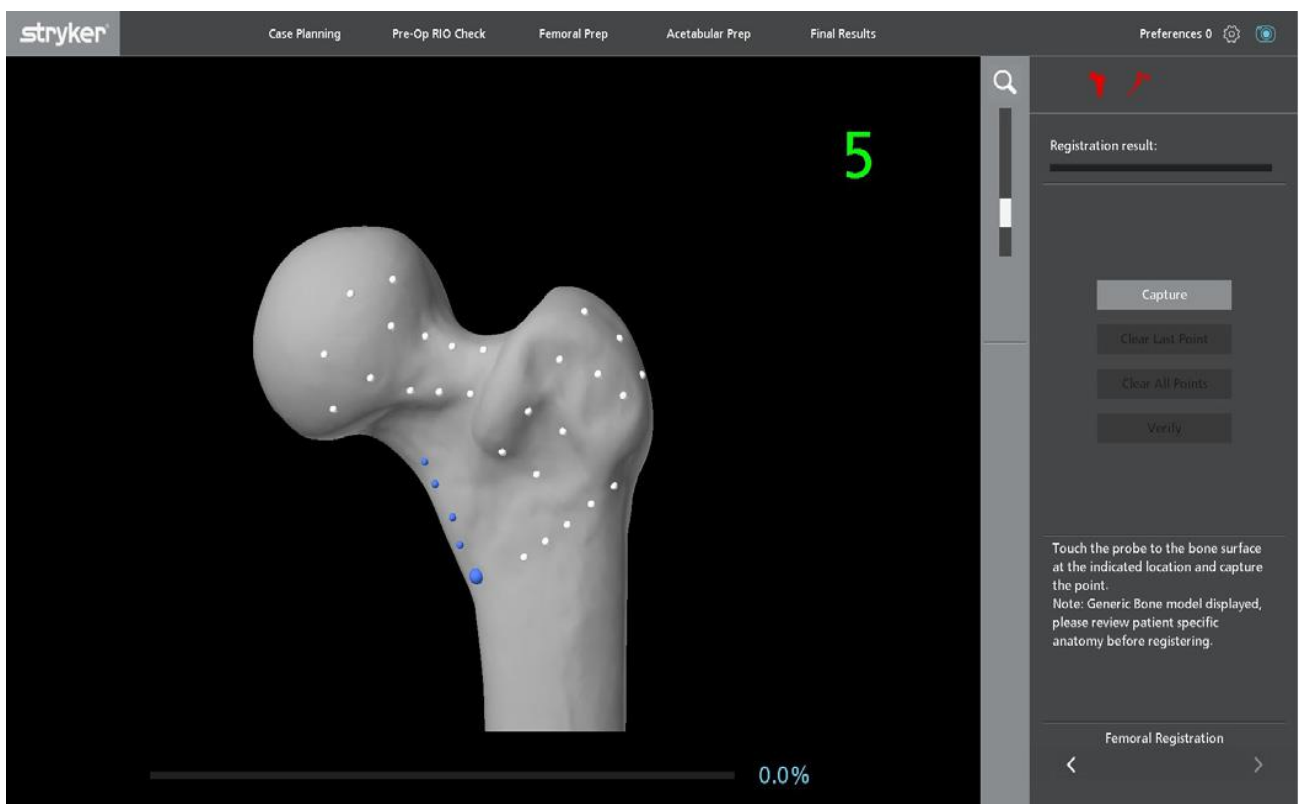


Рисунок 31 – Схема регистрация бедренной кости для переднелатерального доступа

3. Проверку регистрации выполняли зондом на поверхности кости в критически важных зонах проксимального отдела бедренной кости, обозначенных в программном обеспечении большими сферами синего цвета (Рисунок 32).

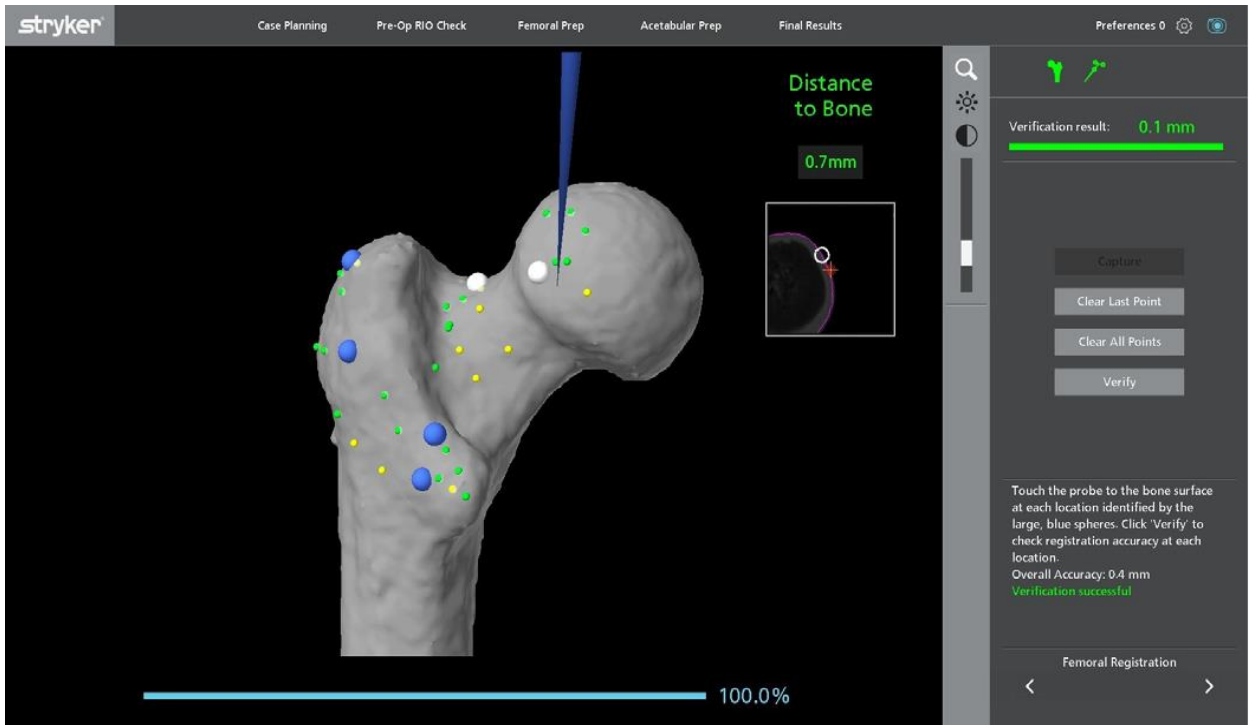


Рисунок 32 – Схема проверки регистрация бедренной кости

При расстоянии до кости менее 1 мм цвет сферы становится белым. При расстоянии до кости в пределах проверочной сферы более 1 мм цвет сферы становится красным. При наличии нескольких сфер красного цвета регистрацию проводили повторно.

Далее выполняли резекцию шейки бедренной кости костной пилой вдоль отмеченной линии, стараясь сохранить правильный угол. Бедренная кость с помощью соответствующего инструмента готовилась последовательными рашпилями по технологии выбранной к имплантации системы.

Готовилось место для контрольного указателя с помощью костных кусачек, пока не становилась видна кость. Располагали контрольный указатель таза так, чтобы он оставался за пределами вертлужной полости даже после римирирования. Для этого винт располагался под углом 60 градусов относительно поверхности.

Шестигранная головка винта располагалась на 1 см выше края вертлужной впадины, за исключением расположенных выше остеофитов, если край окостенел (Рисунок 33).

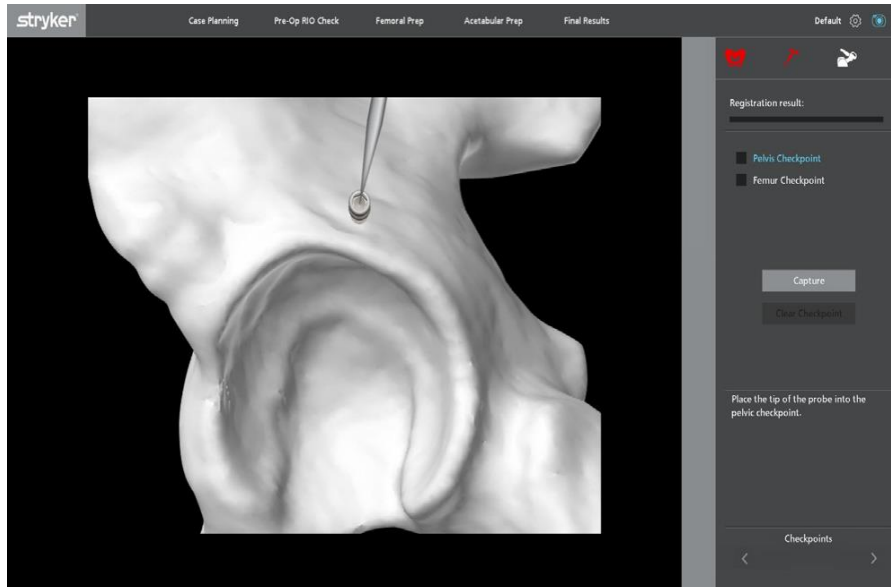


Рисунок 33 – Размещение контрольного указателя таза для переднелатерального доступа

Регистрацию таза выполняли зондом на кости, приложению требовалось получение одной точки на поверхности подвздошного гребня (Рисунок 34).

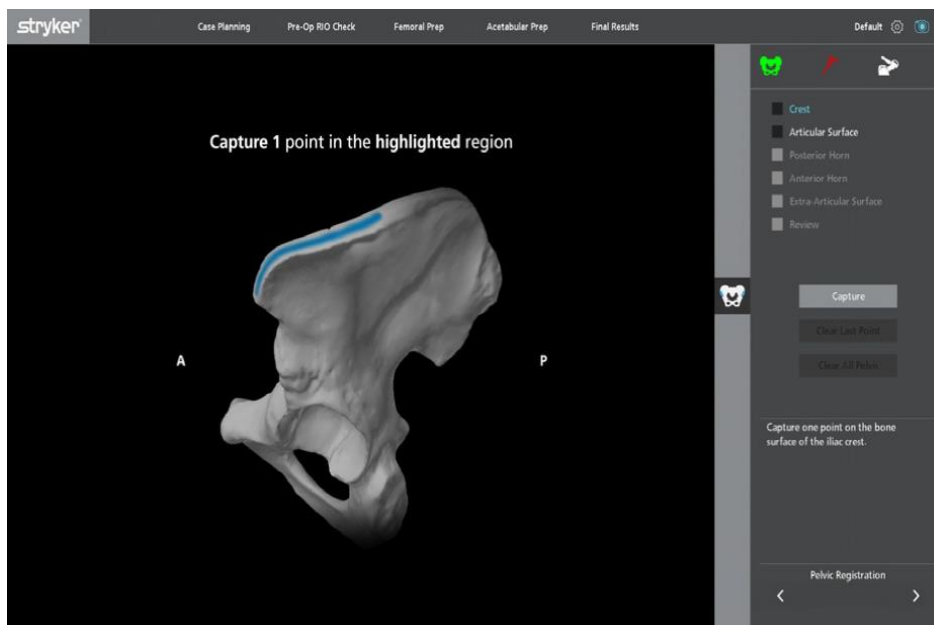


Рисунок 34 – Сбор точек для переднелатерального доступа

Для регистрации в области суставной поверхности вертлужной впадины выбирали «Articular Surface» (Суставная поверхность) и отмечали 15 точек на суставной поверхности в синей области главного окна, кончиком зонда определяли точку, для захвата каждой точки использовали мышь или педаль нажатием на кнопку «Capture» (Захват) (Рисунок 35).

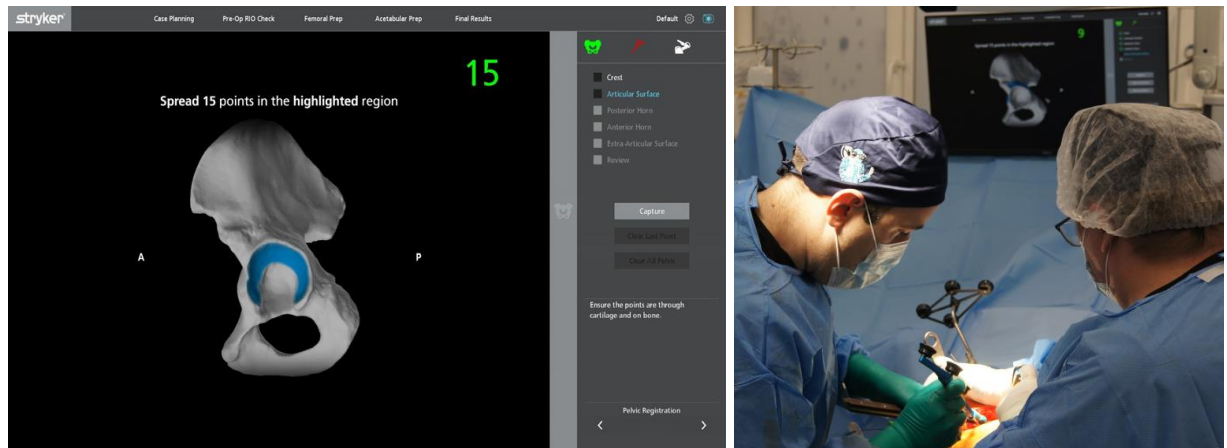


Рисунок 35 – Сбор регистрационных точек, переднелатеральный доступ

Для наилучшего покрытия точки собирали в шахматном порядке (Рисунок 36).

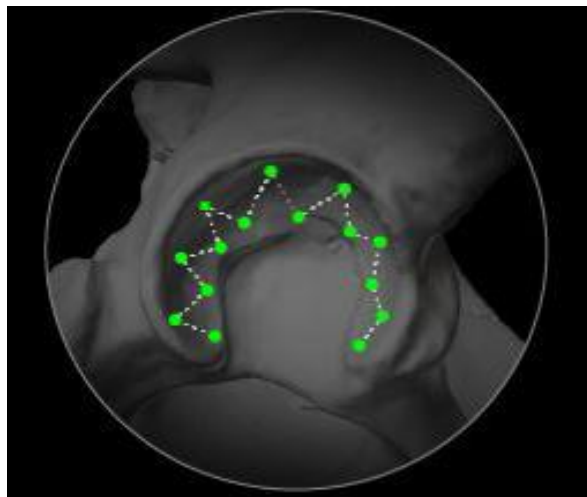
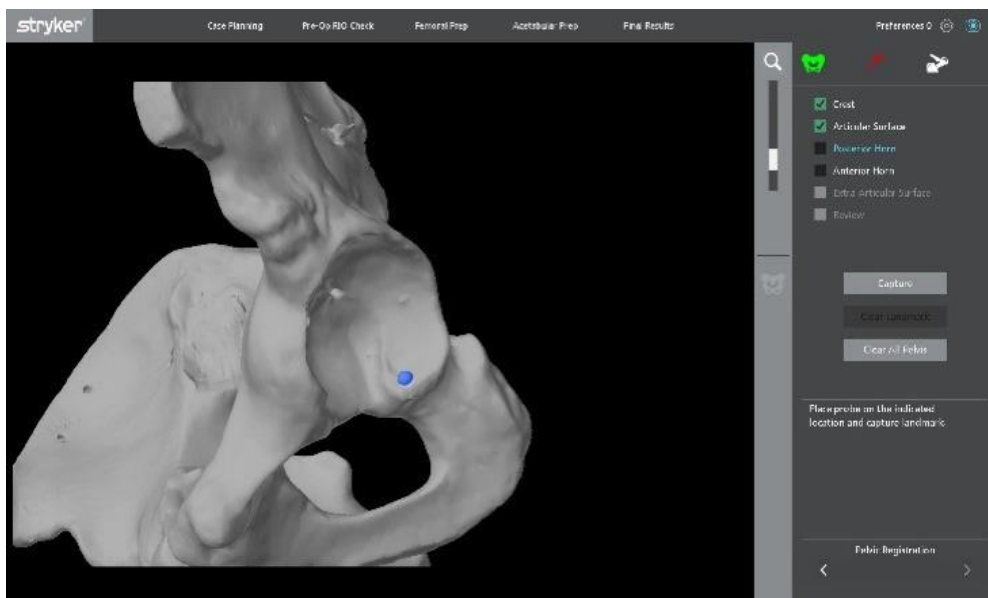


Рисунок 36 – Схема сбора точек на суставной поверхности

При чрезмерной близости собранных точек одна к другой система уведомляла пользователя. При желании возможно удаление точек либо по

отдельности путем выбора опции «Clear Last Point» (Удалить последнюю точку), либо в совокупности путем выбора опции «Clear Pelvis» «Очистить таз» для удаления всей регистрации. После захвата всех 15 точек кнопка (Удалить последнюю точку) переключалась на кнопку «Clear Region» (Очистка области). При неопределенности регистрации приложение выдавало предупреждение для захвата дополнительных 5 точек.

После сбора всех точек на суставной поверхности приложение автоматически переходило к выбору «Pelvic Landmarks» (Ориентиры таза) (Рисунок 37).



Примечание: Тазовый ориентир показан в виде синей точки на кости  
Рисунок 37 – Тазовый ориентир

Выбор точки для ориентира предлагался программой на мониторе компьютера, помещая зонд на указанные точки, как показано в главном окне, далее нажимали кнопку «Capture» (Захват). Для наилучшего покрытия точки собирали в шахматном порядке (Рисунок 38).

При точном сборе регистрационных точек кости приложение автоматически верифицировало регистрацию кости (Рисунок 39).

После регистрации кости возврат к заднему или переднему ориентиру позволял выполнить проверку оценочной точности прозондированных ориентиров. После выполнения захвата всех областей и ориентиров приложение переходило в

состояние «Review» (Проверка), выполнялась проверка прозондированных ориентиров, выбирался либо ориентир «Posterior» (Задний), либо «Anterior» (Передний). В окне отображалось оценочное положение захваченного зондом ориентира (белый) и КТ-ориентира (синий) на модели тазовой кости пациента, как показано на Рисунке 40.

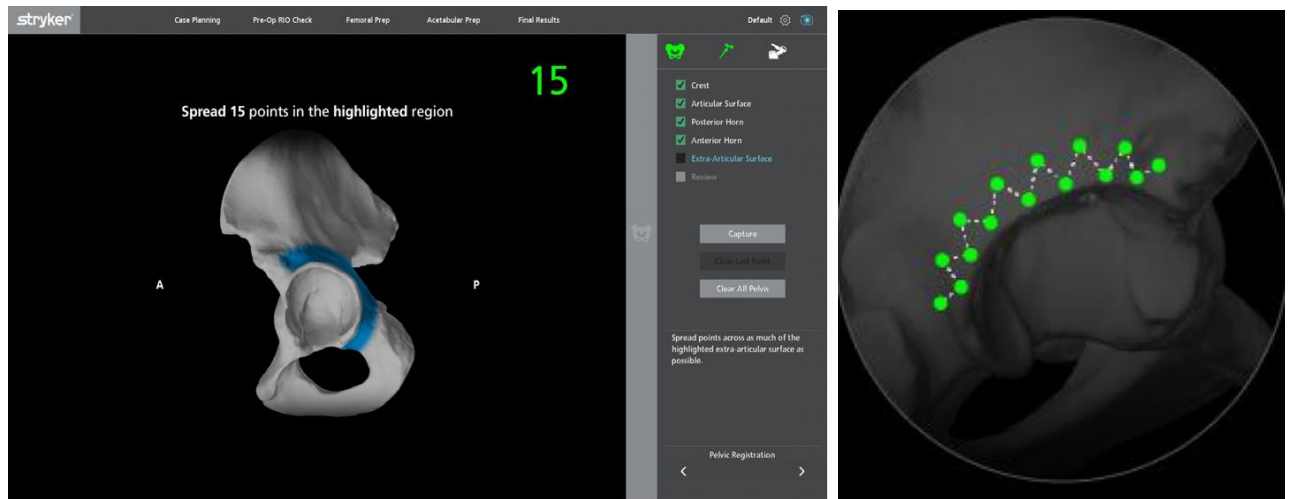


Рисунок 38 – Внесуставная поверхность задней части вертлужной впадины

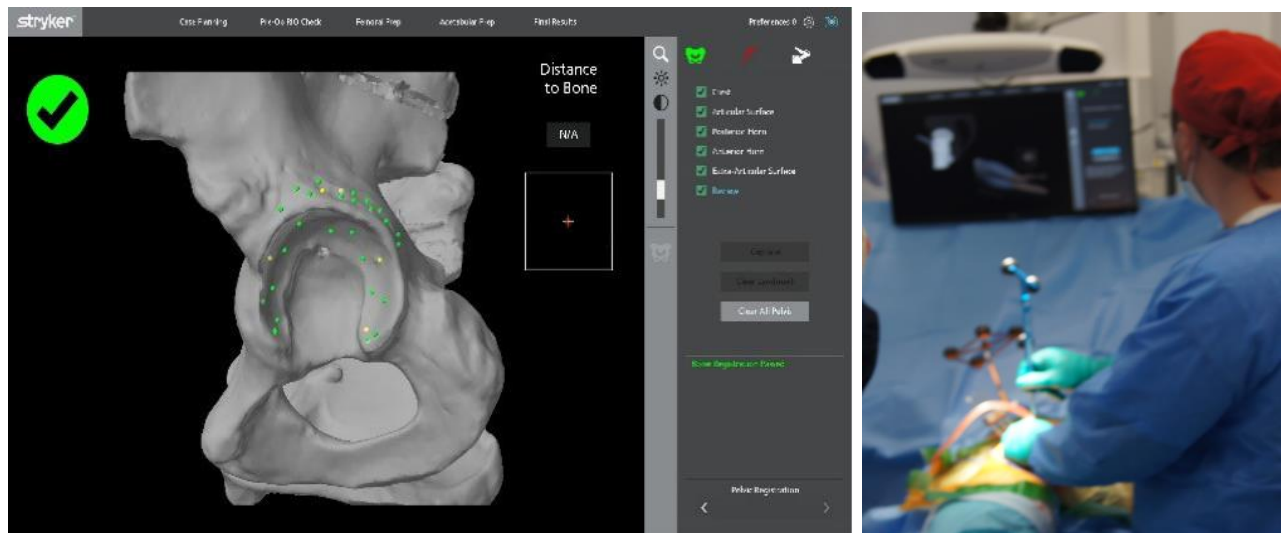
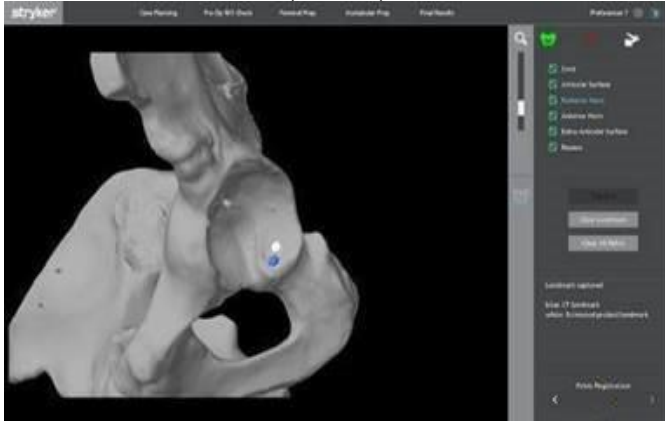


Рисунок 39 – Результаты регистрации кости

Проверку точности регистрации кости выполняли по схеме в состоянии «Review» (Проверка), зондируя кость для обеспечения точности регистрации во

всех областях доступной кости (впадина, рога и верхний край), как показано на Рисунке 41.

Исходное оценочное положение захваченного зондом ориентира (белый) и КТ-ориентира (синий)



Повторно захваченные ориентир (белый) и КТ-ориентир (синий) на модели тазовой кости

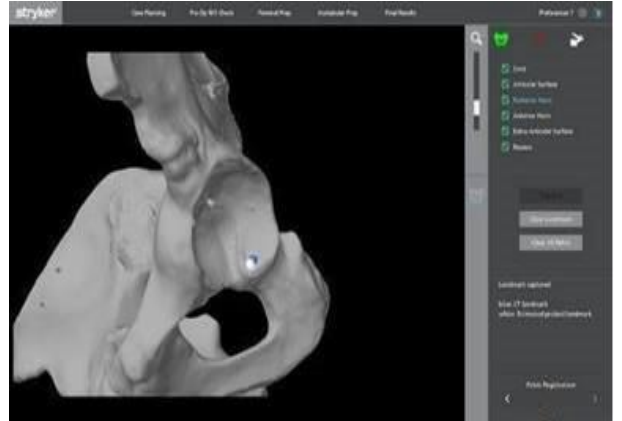


Рисунок 40 – Сравнение исходного и повторно захваченного положения ориентиров на модели тазовой кости

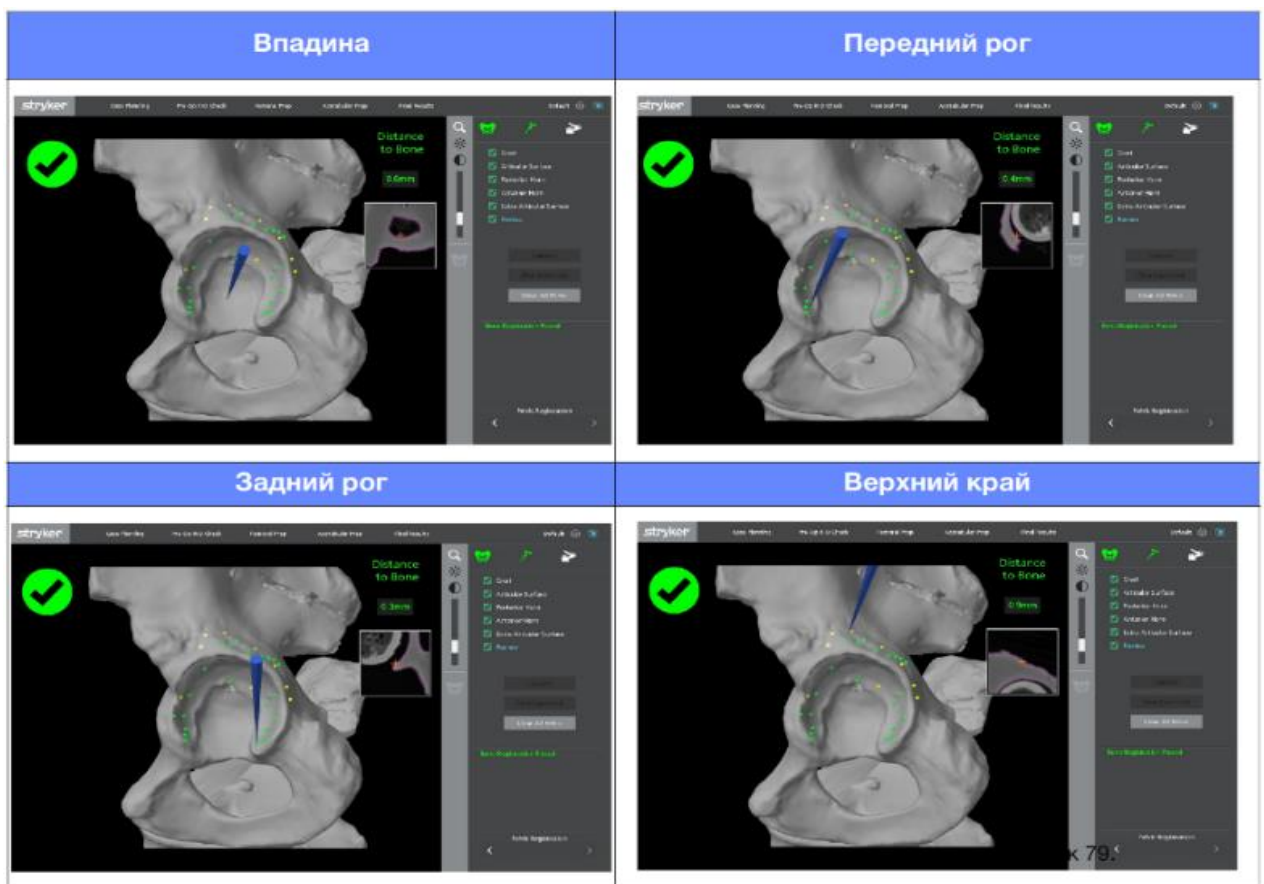


Рисунок 41 – Шаблон проверки регистрации кости в области вертлужной впадины

На этапе регистрации подтверждали точность манипулятора роботизированной системы и местоположения наконечника режущего инструмента.

Для регистрации системы МАКО:

- 1) на странице «RIO Registration» (Регистрация RIO) выбирали соответствующий серийный номер эффектора из выпадающего списка;
- 2) для вставки в эффектор рукоятки прямого римера или римера со смещением оттягивали рукоятку эффектора.

Полностью вставляли рукоятку римера в эффектор. Ослабляли рукоятку, перед продолжением действия удостоверились в надежности закрепления рукоятки римера в эффекторе. Прикрепляли трекингую платформу эффектора к рукоятке римера, как показано на Рисунке 42.



Рисунок 42 – Сборка направляющей для резекции и импакции чашки

После установки манипулятора роботизированной системы так, чтобы эффектор был направлен к полу с небольшим наклоном к ногам пациента (в направлении от камеры), на 5–10 см выше центра тазобедренного сустава пациента. Манипулятор роботизированной системы располагался параллельно полу, после чего нажимали на кнопку «Start» (Пуск). Когда трекингую платформу было видно, манипулятор роботизированной системы был ограничен в стереотаксическом кубе и двигался только в одном направлении (Рисунок 43).

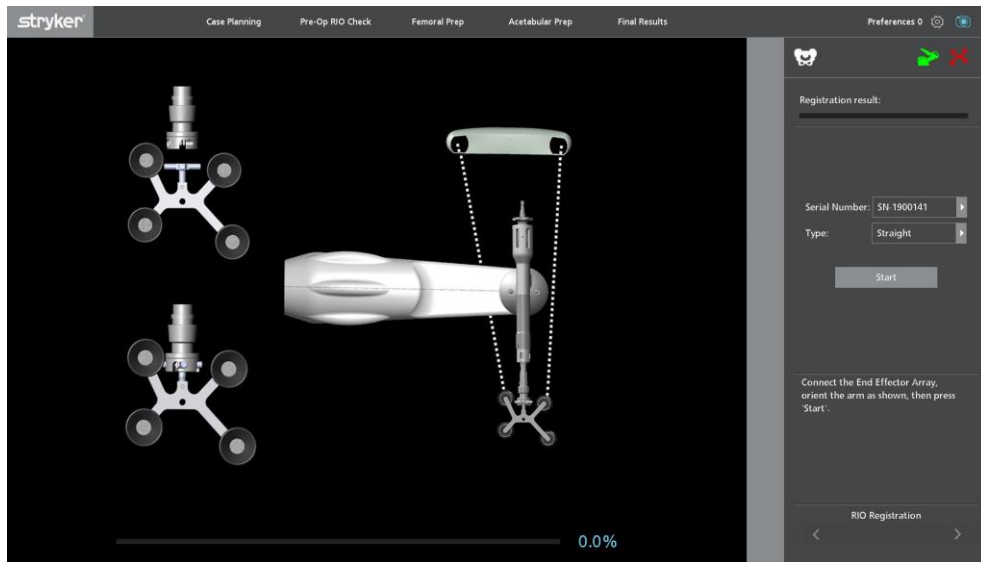


Рисунок 43 – Отражение регистрации рабочего инструмента и трекинговой платформы

Регистрация происходила по точкам, показанным на экране компьютера. На индикаторе выполнения отображался процент захваченных точек. Приложение автоматически вычисляло погрешность манипулятора. Если погрешность не превышала порогового значения (0,5 мм), программное обеспечение автоматически продолжало выполнение верификации. Далее робот автоматически выполнял движение и регистрацию его параметров до полного завершения верификации (Рисунок 44).

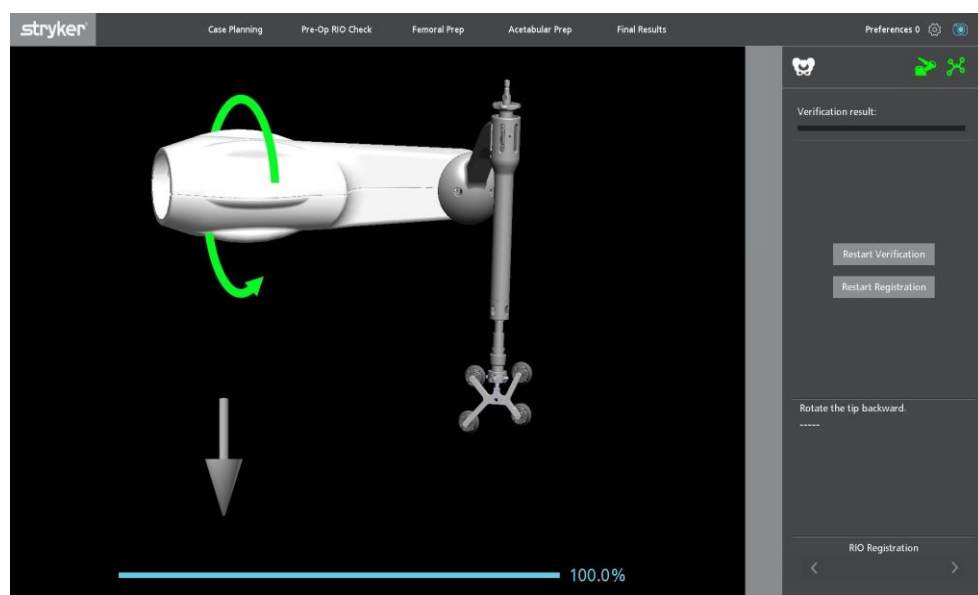


Рисунок 44 – Верификация регистрации рабочего инструмента

В случае успешной верификации регистрация была верифицирована, а программа автоматически переходила на следующую страницу порядка действий. Точность верификации регистрации Мако отображалась в миллиметрах.

Далее начинали римирование вертлужной впадины именно тем размером, каким будет установлена чашка. Перед римированием проверяли и подтверждали предоперационный хирургический план чашки (Рисунок 45).

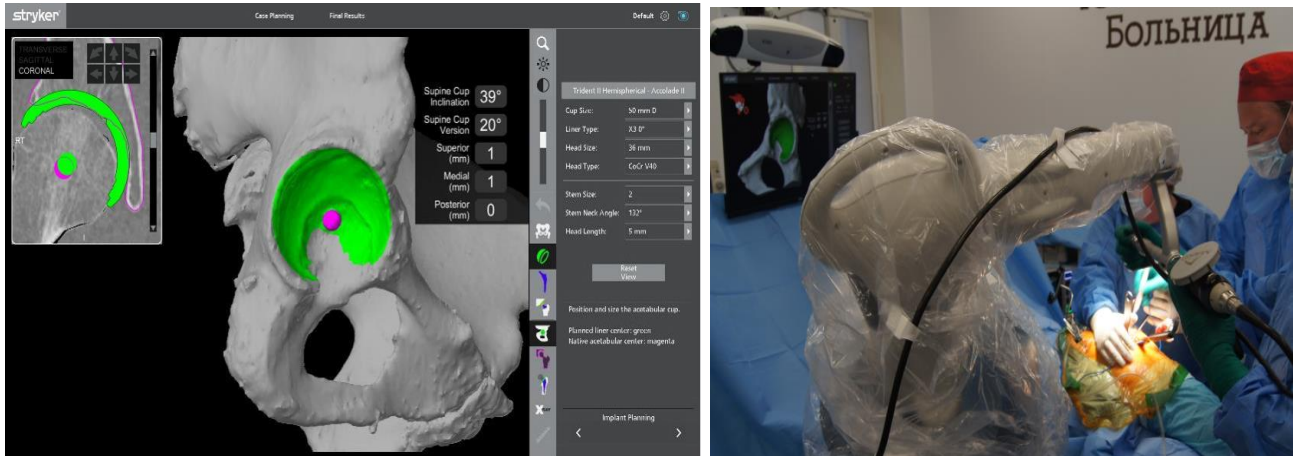


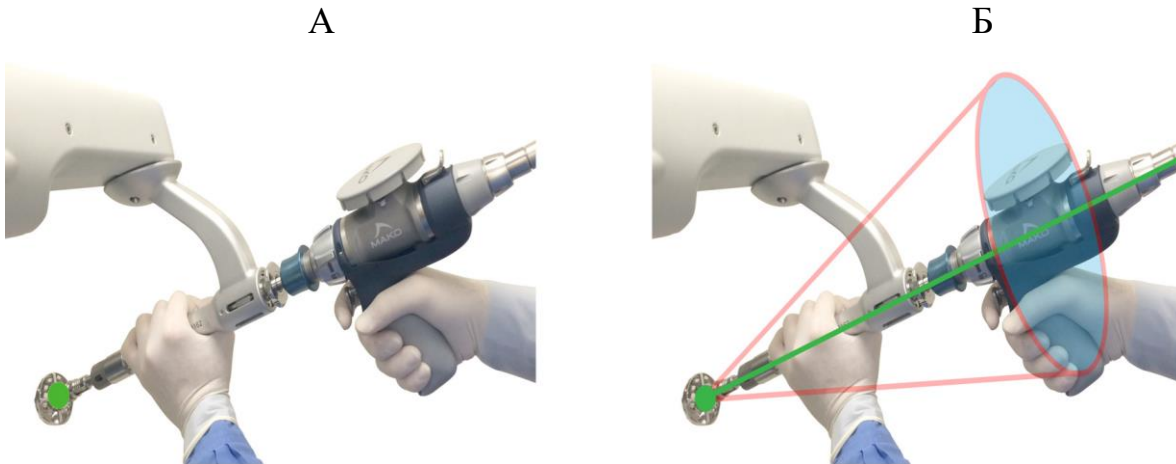
Рисунок 45 – Вертлужная чашка, план хирургического вмешательства

Собирали ример, рукоятка его вставлялась в эффектор на аппарате (Рисунок 46).



Рисунок 46 – Собраный ример и силовое оборудование

Стоит отметить, что римирование могло быть выполнено как с помощью одного римера, так и с помощью нескольких последовательных римеров от малого к искомому размеру (Рисунок 47).



Примечание: А – начальное римирование (малыми римерами): наконечник римера ограничен, траектория не ограничена; Б – конечное римирование: наконечник римера и траектория ограничены

Рисунок 47 – Конус римирования

Нам необязательно обеспечивать точное соответствие запланированным числам в части римирования, потому что цель состоит в том, чтобы сформировать полусферу, которая позволяла бы точно разместить чашку с запланированными уклоном и версией. Мы продолжали римирование до тех пор, пока числа, представляющие собой центр вращения чашки, не становились зелеными, и пока не отображалось 0 мм для верхнего/нижнего, 0 мм для медиального/латерального и 0 мм для переднего/заднего положения (Рисунок 48).

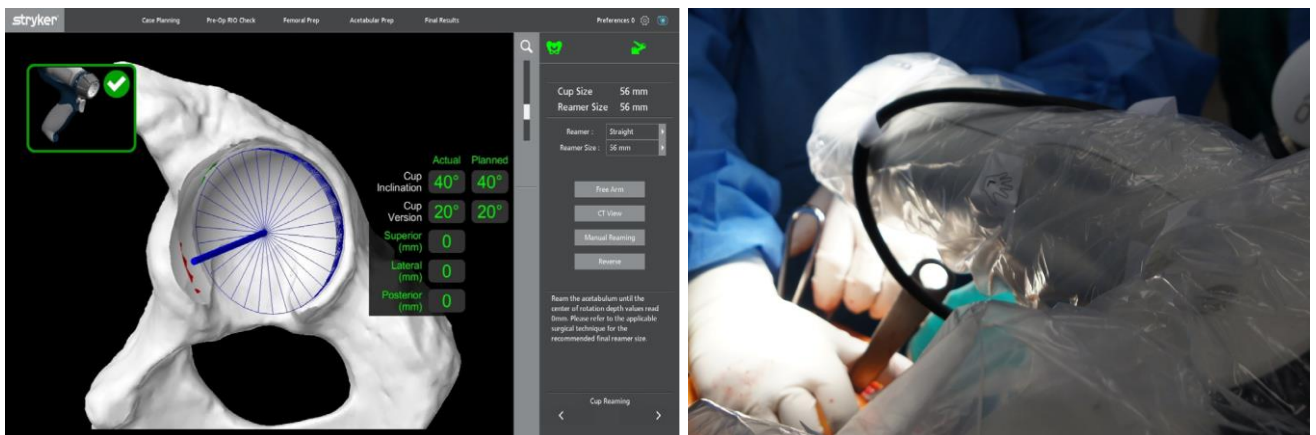


Рисунок 48 – Результат римирования вертлужной впадины

Трехмерные модели кости также показывали, что запланированная резекция кости была выполнена, когда зеленое было удалено и стала видна белая кость. Модель кости становилось красной, когда выполняли расширение на 0,5 мм больше запланированного. Если мы выполняли римерование на 1,5 мм за пределы стереотаксических границ, электрическое сверло отключалось.

После достижения запланированного центра вращения с помощью окончательного вертлужного римера мы принимали решение о том, чтобы очистить край кости вертлужной впадины с помощью манипулятора роботизированной системы, переключали ример небольшим круговым движением, стараясь не увеличивать вертлужную впадину. С удалением нависающей кости также помогало переключение римера с окончательным размером. Для правильной установки чашки критически важно использовать костные кусачки для удаления излишков кости и (или) мягких тканей.

Далее чашку соответствующего размера накручивали на импактор, который фиксировался к рабочей руке робота. Чашка была надежно закреплена на нем. Если чашка не была плотно закручена на импакторе, возможно повреждение чашки. Для обеспечения свободного движения манипулятора роботизированной системы при размещении чашки в подготовленной вертлужной впадине систему Мако переводили в режим «Free Mode» (Свободный режим). Затем при помощи молотка выполняли импакцию чашки (Рисунок 49). Чтобы обеспечить надлежащую посадку чашки, убеждались в том, что чашка установлена под костным краем вертлужной впадины, который может остаться.

После того как чашка была установлена в вертлужной впадине, отключали режим «Free Mode» (Свободный режим), чтобы активировать стереотаксические границы. Убеждались в том, что антеверсия и уклон чашки соответствуют плану. Проверяли, что эффектор перемещен вниз до основания рукоятки импактора и зафиксировано положение имплантата (Рисунок 50). Полная посадка колпачка обеспечивалась после того, как импакция достигнет 0–1 мм. Если чашка находилась на расстоянии 2 мм или более от точки посадки, это оставляло зазор в зоне 2 на рентгеновском снимке.



Рисунок 49 – Ограничитель манипулятора роботизированной системы во время импакции

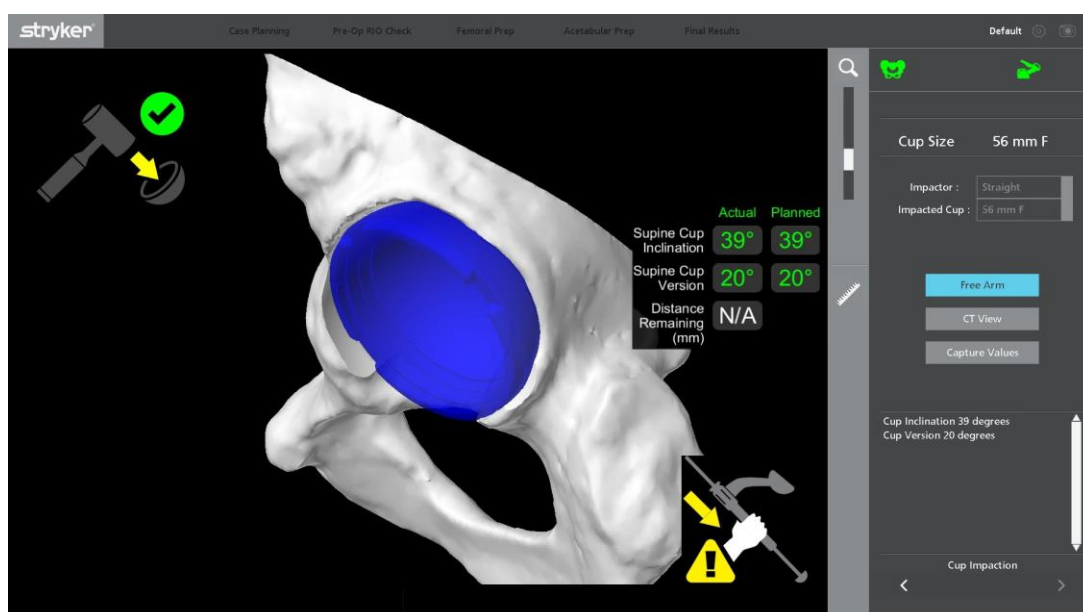


Рисунок 50 – Страница импакции чашки

Для оценки стабильности чашки удаляли импакционную платформу и эффектор с рукоятки импактора, не затрагивая границу стереотаксии. Осматривали вертлужную чашку и пальпацией через отверстия для винтов в чашке наконечником тонзиллярного зажима удостоверились в том, что она установлена. Для вывинчивания из чашки рукоятки прямого импактора выполняли повторное прикрепление импакционной платформы. После импакции чашки у нас есть возможность выбора проверки ориентации чашки на странице «Surgical Results» (Результаты хирургической операции) путем захвата пяти точек на ободке чашки.

Это также может быть полезным для обеспечения положения чашки после установки вкладыша.

При необходимости усиления фиксации чашки в кости применяли костные винты, которые вводятся через отверстия в чашке. Помещали пробный вкладыш, имплантировали ножку эндопротеза по инструкции для каждой конкретной ножки, пробную шейку и компоненты головки, а затем выполняли вправление сустава.

Кнопка «Capture Hip Center» (Захват центра бедра) определяла центр вращения в соответствии с кинематическим режимом вращения бедренной кости относительно вправленной головки.

Удерживали имплантат или пробную головку бедренной кости вправленными во вкладыш для вертлужной чашки и удерживали обе трекинговые платформы видимыми, ротировали бедренную кость до достижения индикатором хода выполнения в нижней части экрана 100%. Перемещали ногу в положение сгибания на  $25^\circ$ , отведения на  $25^\circ$  и полного разгибания, одновременно поворачивая ее для регистрации центра в программном обеспечении; действовали осторожно во избежание столкновения фиксатора трекинговой платформы бедренной кости с краями разреза. Подача звукового сигнала означала, что данные были собраны в достаточном количестве, значения длины бедра и комбинированного смещения были отображены в столбце «Actual» (Фактическое). Проверяли окончательные значения длины бедра и комбинированного смещения, выраженные в миллиметрах (Рисунок 51).

После имплантации окончательных компонентов эндопротеза выполняли окончательное вправление сустава. Страница «Reduction Results» (Результаты вправления) позволяет выбрать соответствующие компоненты имплантата, такие как размер головки, длина, тип вкладыша, размер и смещение ножки, и подтвердить достижение запланированных для пациента значений длины тазобедренного сустава и комбинированного смещения. Если на странице «Surgical Results» (Результаты хирургической операции) указывается значение уклона и версии чашки, эти данные будут отображаться вместо данных, полученных при нажатии

кнопки «Capture Values» (Захват значений) на странице «Cup Impaction» (Импакция чашки).

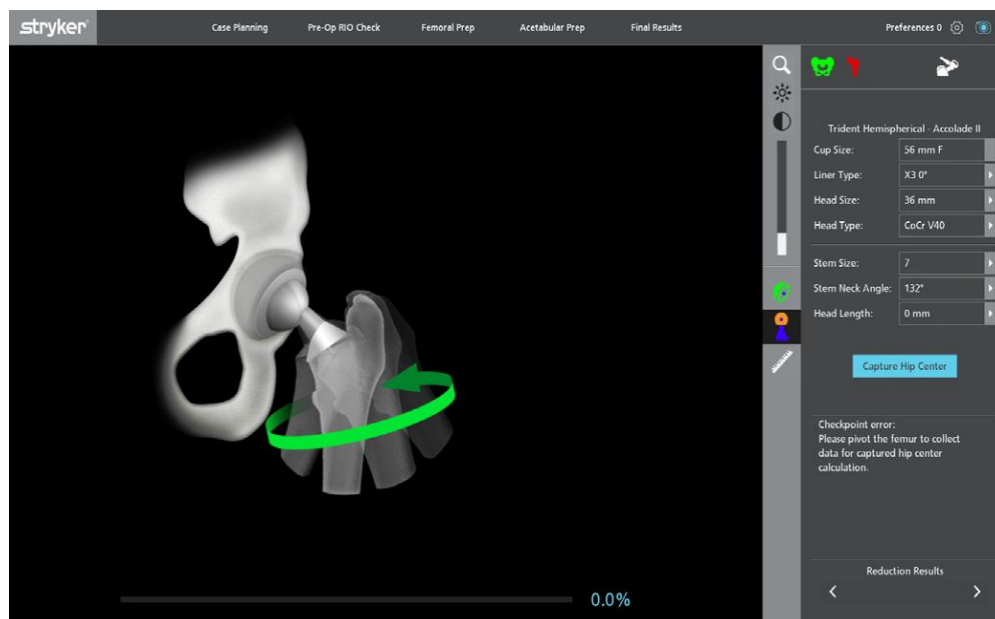


Рисунок 51 – Страница результатов вправления

Данную страницу мы могли использовать в любой ситуации, когда это необходимо для вправления сустава, например, при использовании примерочного вкладыша вместе с рашпилем, примерочной шейкой и примерочной головкой. Ее можно использовать позже, после того как была выполнена импакция ножки и произведена оценка примерочной головки. Результаты вправления также получали после импакции завершающей ножки, прокладочного материала и головки. Чтобы проверить окончательные значения длины бедра и комбинированного смещения, выберите опцию «Capture Landmarks» (Захват ориентиров) на панели управления. После этого на экране появлялось проксимальное и дистальное изображение ориентиров и предоставлялась возможность захвата данных ориентиров. Выполняли сбор данных для точки проксимального ориентира бедренной кости, устанавливали зонд в положение контрольного указателя для проксимального отдела бедренной кости и выбирали опцию «Capture» (Захват). Не двигая бедро, помещали зонд на точку дистального ориентира бедренной кости, слегка касаясь его, под небольшим углом к ориентиру, чтобы не допустить прохождения через стерильное покрытие, после чего выбирали опцию «Capture» (Захват). После

успешного захвата на экране появлялась страница «Reduction Results» (Результаты вправления), на которой отображались значения длины бедра и комбинированного смещения относительно второго бедра (vs. Opposite Hip) и относительно бедра до операции (vs. Pre-Op Hip), а также статическое изображение имплантированного бедра (Рисунок 52).

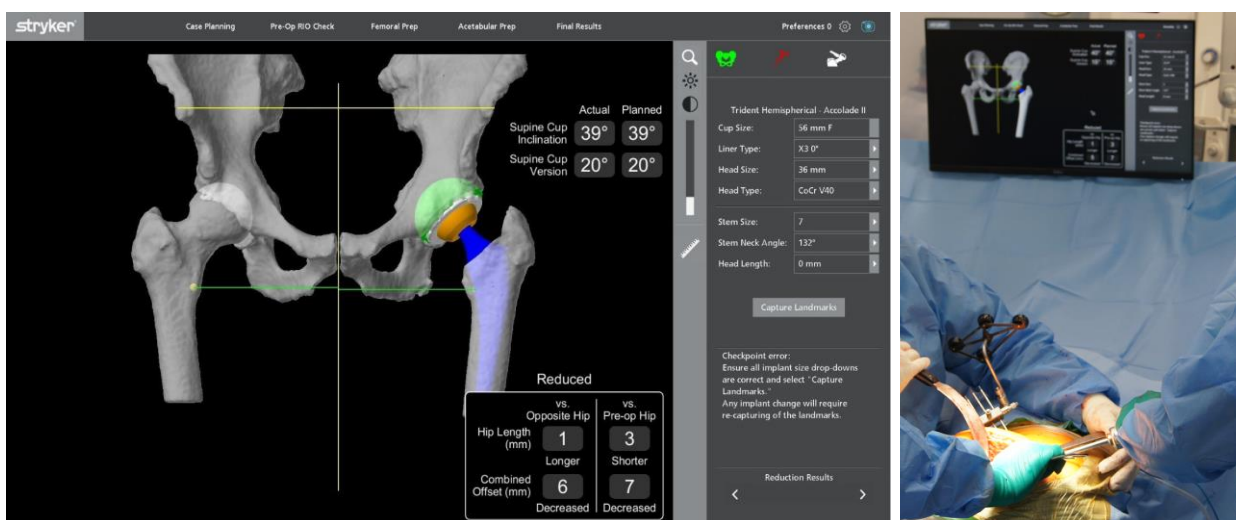


Рисунок 52 – Страница результатов вправления

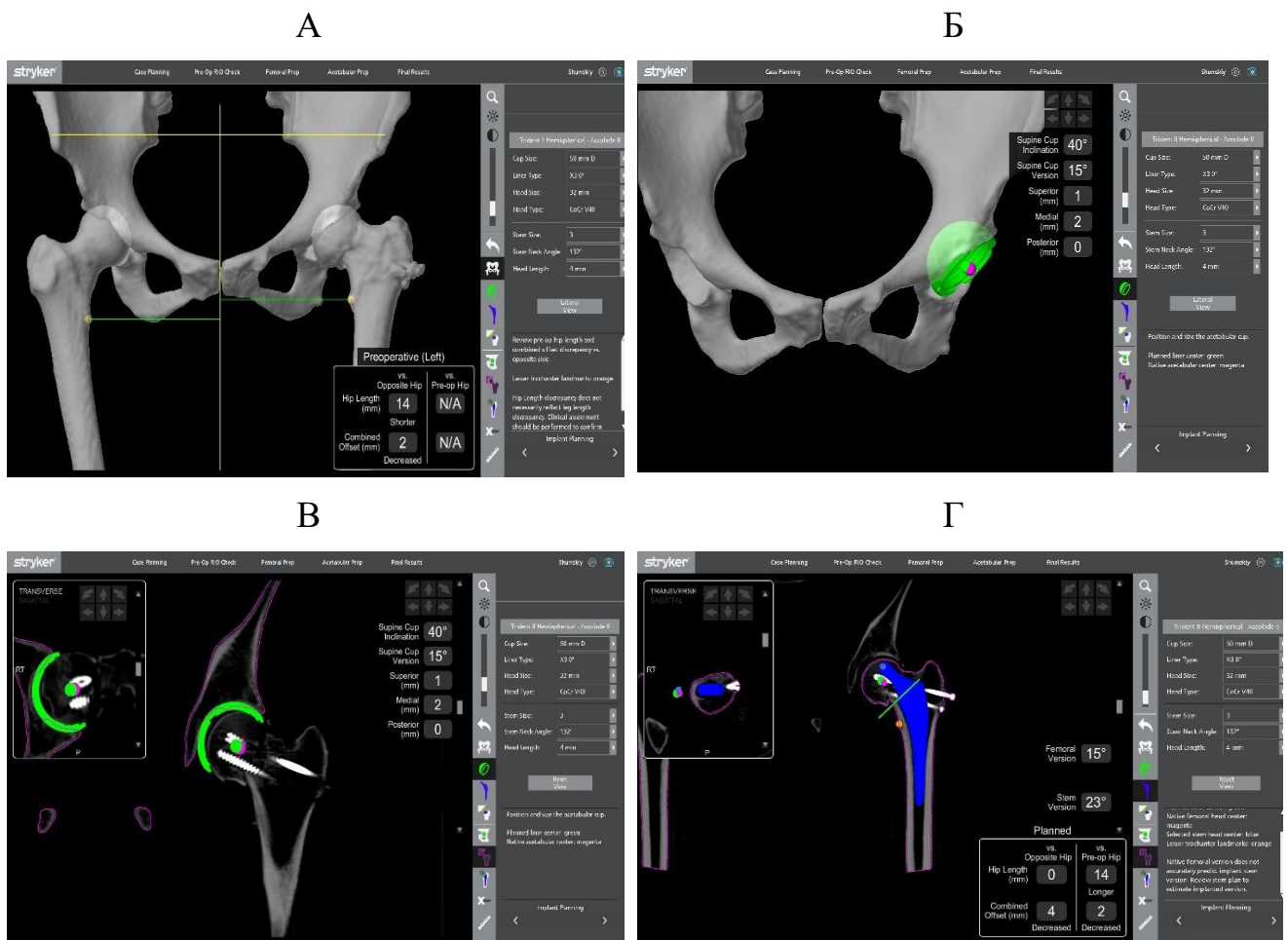
Проверяли окончательные значения длины бедра и комбинированного смещения (в миллиметрах). Значения длины бедра и комбинированного смещения из параметров «Impacted Cup Center» (Центр чашки после импакции) и (или) «Capture Hip Center» (Захват центра бедра) были автоматически сохранены при выходе из страницы «Reduction Results» (Результаты вправления) и автоматически загружались повторно при следующем открытии страницы.

### 3.5 Клинические примеры робот-ассистированного эндопротезирования при дисплазии

Клиническим примером пациента группы I служит пациент М., 70 лет, который обратился в клинику с болями в левом коленном суставе, нарушением походки. В детстве была выполнена межвертельная остеотомия с фиксацией винтами. При осмотре передвигается самостоятельно с опорой на трость, хромя на левую ногу. Амплитуда движений в левом тазобедренном суставе:

разгибание/сгибание –  $70^{\circ}/40^{\circ}$ , ротация наружная/внутренняя –  $5^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ , отведение/приведение –  $10^{\circ}/0^{\circ}/5^{\circ}$ , сгибательно-приводящая контрактура. Выявлено укорочение левой ноги около 2 см.

Диагноз: Левосторонний диспластический коксартроз 2 ст. по Crowe. Тестирование по шкале ВАШ 9 баллов, по опроснику качества жизни SF-36 (40 баллов): физический компонент здоровья: 20 баллов; психологический компонент здоровья: 20 баллов. После обследования и подготовки к операции выполнено предоперационное планирование (Рисунок 53).



Примечание: А – определение длины конечности до операции, Б и В – планирование вертлужного компонента; Г – планирование бедренного компонента  
Рисунок 53 – Пациентка М. Результаты предоперационного планирования

После планирования выполнена операция: тотальное робот-ассистированное эндопротезирование левого тазобедренного сустава с применением робота МАКО, бесцементным протезом (Рисунок 54).

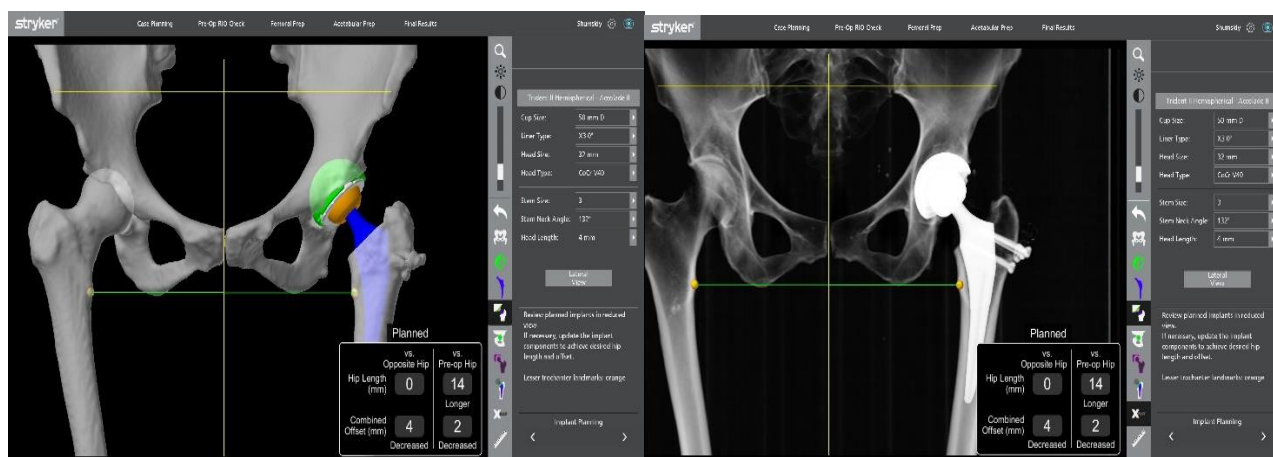
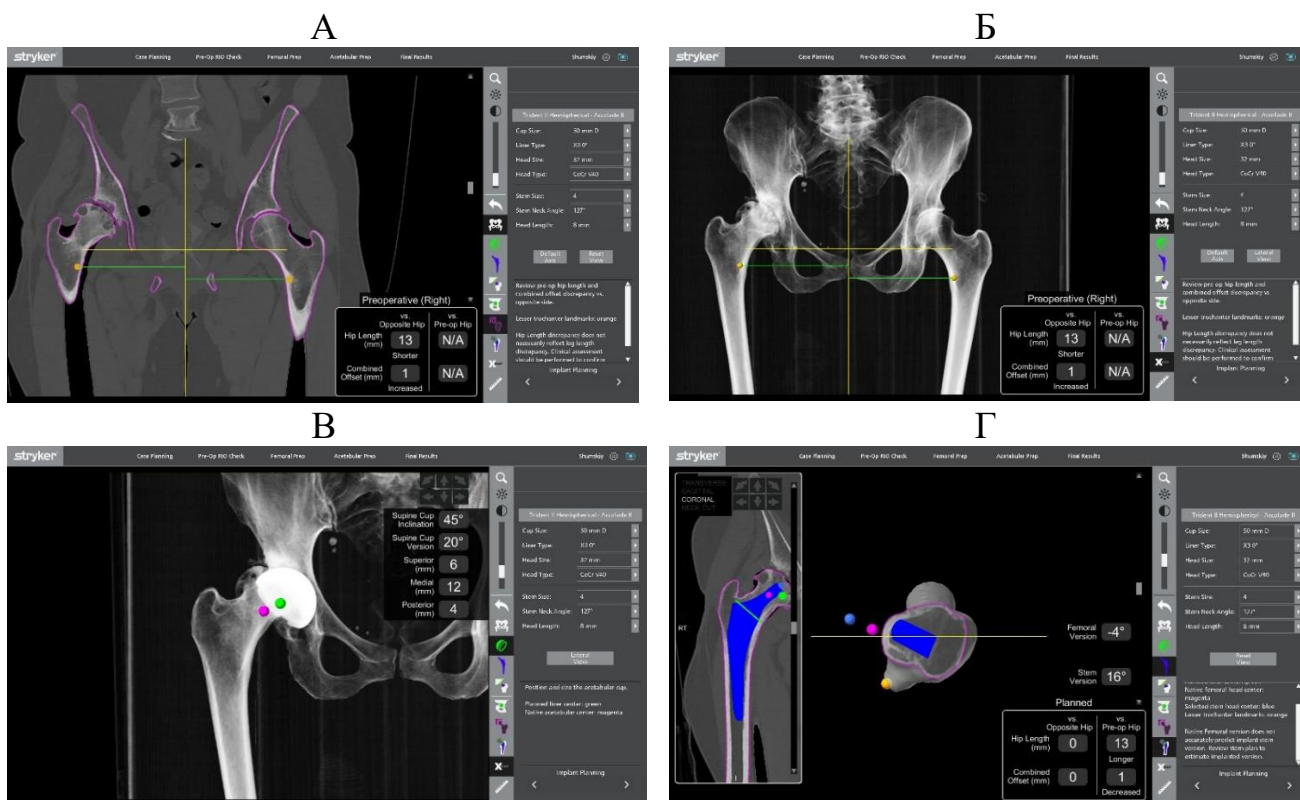


Рисунок 54 – Пациент М. Результаты операции

Пациент был активизирован на следующие сутки после выполненного робот-ассистированного тотального эндопротезирования левого тазобедренного сустава, обучен ходьбе с дозированной нагрузкой на оперированную конечность при помощи костылей, выписан на 3-и сутки со дня операции в удовлетворительном состоянии. При контрольном осмотре через год после операции: результатом лечения пациент доволен. ВАШ: 0 баллов. Опросник качества жизни SF-36 (95 баллов): физический компонент здоровья: 45 баллов; психологический компонент здоровья: 50 баллов.

Второй клинический пример пациента I группы Б., 60 лет, передвигается самостоятельно с опорой на трость, хромя на правую ногу. Амплитуда движений в правом тазобедренном суставе: разгибание/сгибание – 70°/40°, ротация наружная/внутренняя – 5°/0°/0°, отведение/приведение – 10°/0°/5°, сгибательно-приводящая контрактура. Выявлено укорочение правой ноги около 2 см. Диагноз: правосторонний диспластический коксартроз 2 ст. по Crowe. Тестирование по шкале ВАШ 8 баллов, по опроснику качества жизни SF-36 (40 баллов): физический компонент здоровья: 20 баллов; психологический компонент здоровья: 20 баллов. Выполнено КТ и планирование хирургического вмешательства (Рисунок 55).

После планирования выполнена операция: тотальное робот-ассистированное эндопротезирование левого тазобедренного сустава с применением робота Мако, на рисунке показан этап снятия точек с области вертлужной впадины (Рисунок 56).



Примечание: А, Б – определение длины конечности до операции; В – планирование вертлужного компонента; Г – планирование бедренного компонента  
Рисунок 55 – Пациент Б. Результаты предоперационного планирования:



Рисунок 56 – Пациент Б. Процесс интраоперационной оцифровки вертлужной впадины

Выполнено планирование вертлужной впадины и имплантирован бесцементный протез тазобедренного сустава (Рисунок 57).

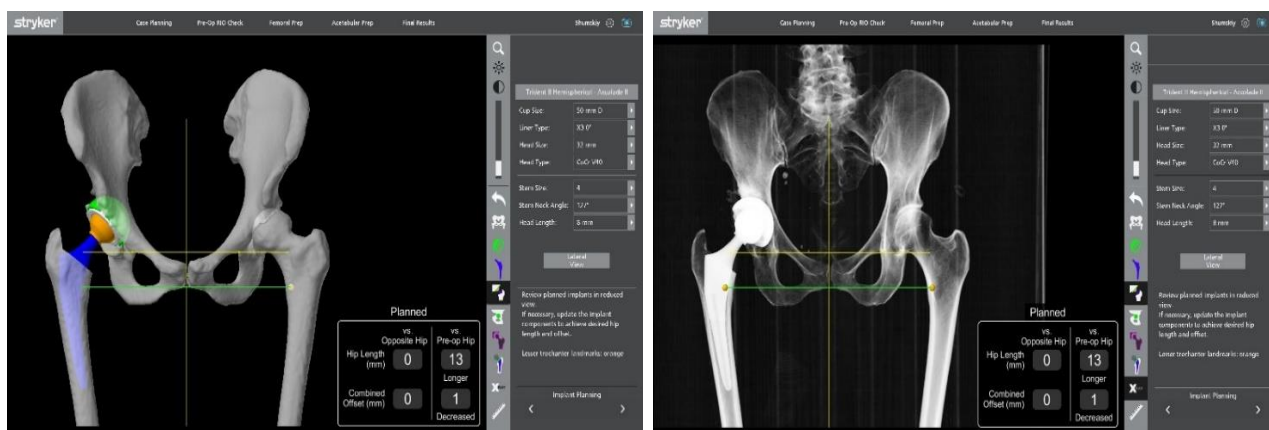


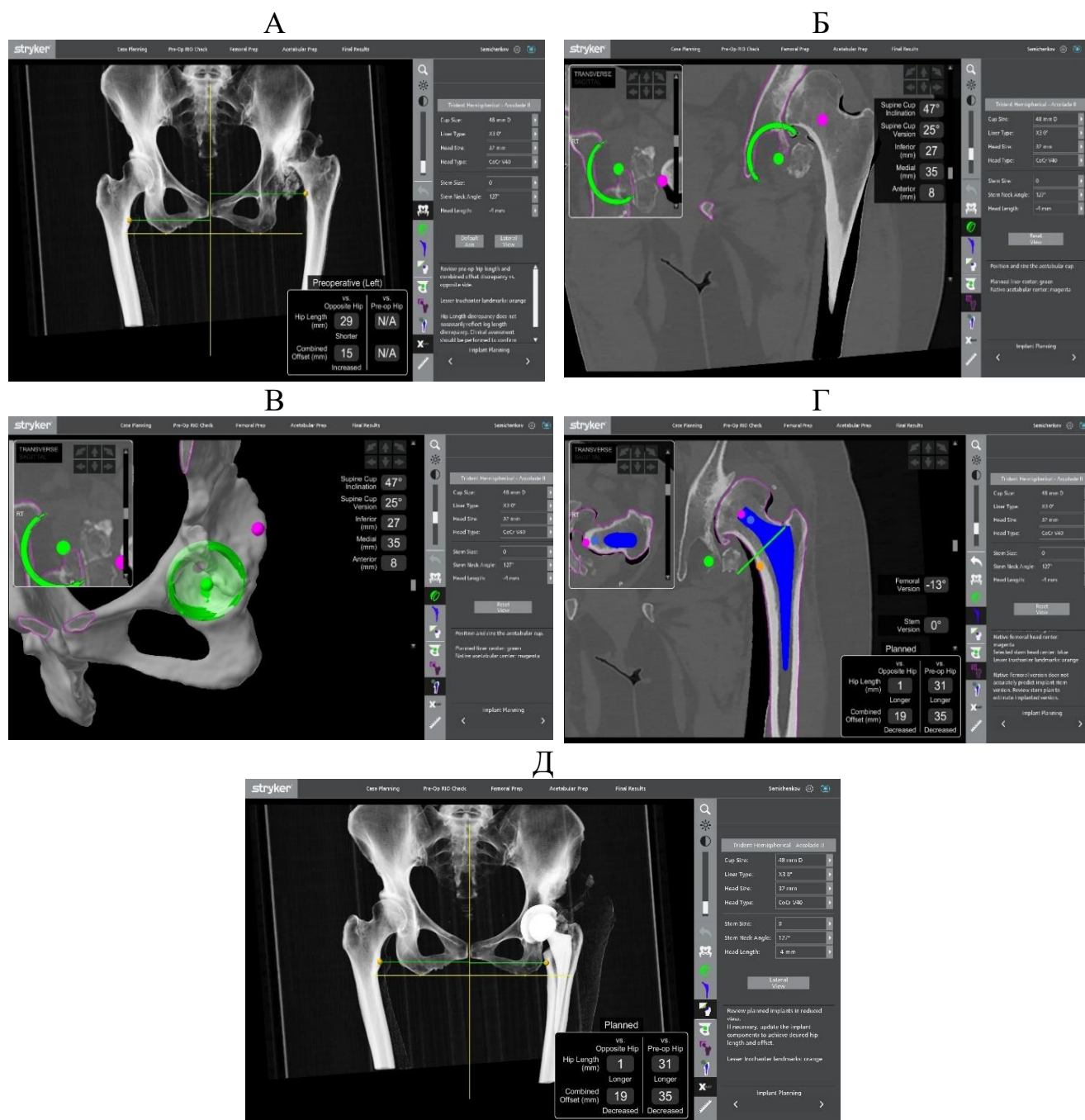
Рисунок 57 – Пациент Б. Результат операции

Пациент был активизирован на следующие сутки после выполненного робот-ассистированного тотального эндопротезирования правого тазобедренного сустава, обучен ходьбе с дозированной нагрузкой на оперированную конечность при помощи костылей, выписан на 3-и сутки со дня операции в удовлетворительном состоянии. При контрольном осмотре через год после операции: результатом лечения пациент доволен. ВАШ: 0 баллов. Опросник качества жизни SF-36 (95 баллов): физический компонент здоровья: 45 баллов; психологический компонент здоровья: 50 баллов.

Пациент И., 66 лет, передвигается самостоятельно с опорой на трость, хромя на левую ногу. Амплитуда движений в левом тазобедренном суставе: разгибание/сгибание –  $30^{\circ}/10^{\circ}$ , ротация наружная/внутренняя –  $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ , отведение/приведение –  $5^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ , сгибательно-приводящая контрактура. Выявлено укорочение правой ноги около 3 см. Диагноз: правосторонний диспластический коксартроз 3 ст. по Crowe. Тестирование по шкале ВАШ: 9 баллов, по опроснику качества жизни SF-36 (20 баллов): физический компонент здоровья: 10 баллов; психологический компонент здоровья: 10 баллов. После планирования выполнена операция: тотальное робот-ассистированное эндопротезирование левого тазобедренного сустава с применением робота МАКО, бесцементным протезом; детали планирования и результаты операции показаны на Рисунке 58.

Пациент был активизирован на следующие сутки после выполненного робот-ассистированного тотального эндопротезирования левого тазобедренного сустава,

обучен ходьбе с дозированной нагрузкой на оперированную конечность при помощи костылей, выписан на 3-и сутки со дня операции в удовлетворительном состоянии. При контрольном осмотре через год после операции: результатом лечения пациент доволен. ВАШ: 0 баллов. Опросник качества жизни SF-36 (95 баллов): физический компонент здоровья: 45 баллов; психологический компонент здоровья: 50 баллов.



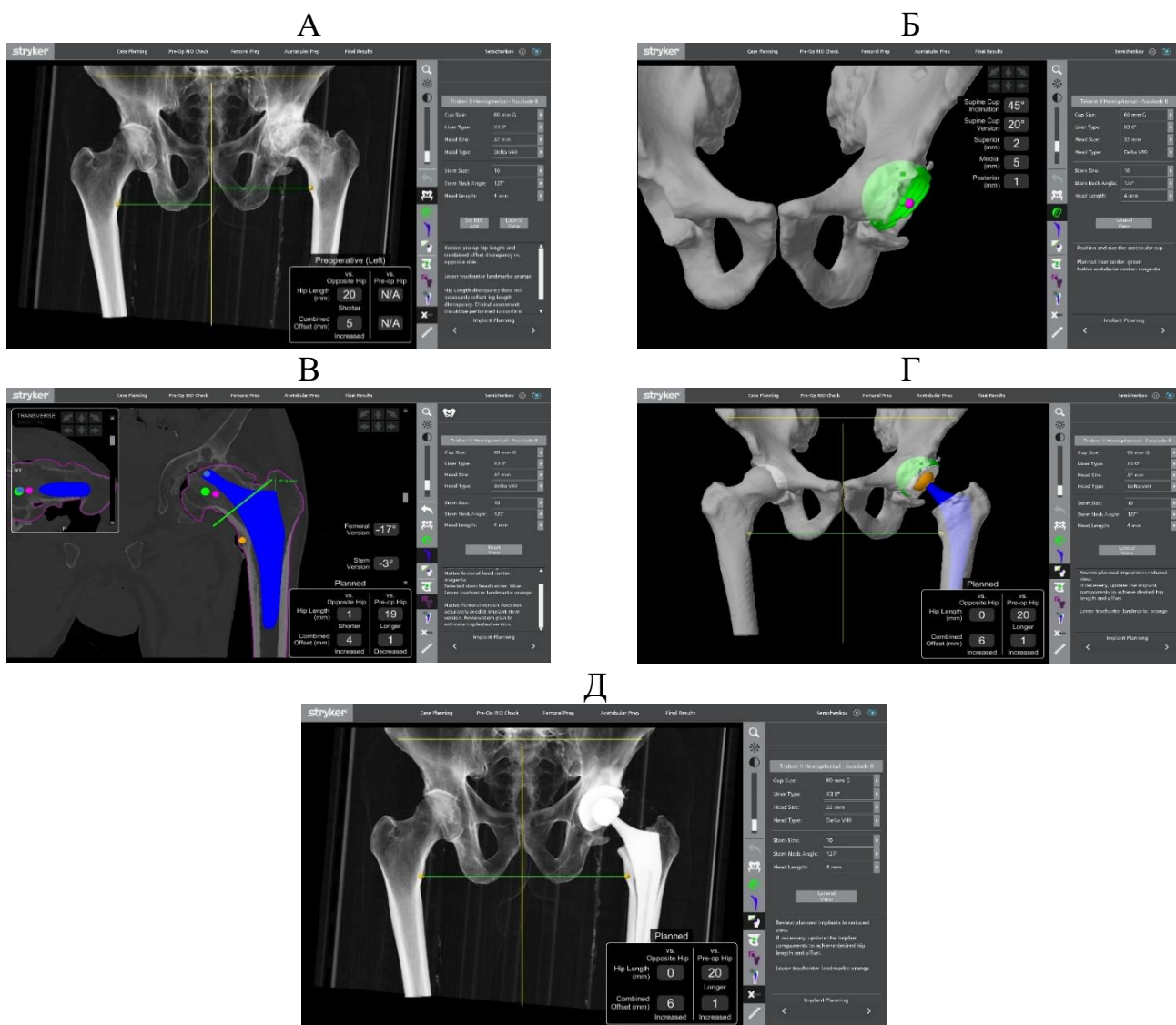
Примечание: А – определение длины конечности до операции; Б, В – планирование вертлужного компонента; Г – планирование бедренного компонента; Д – после операции  
Рисунок 58 – Пациент И. Результаты планирования и операции

Пациент Г., 58 лет, передвигается самостоятельно с опорой на трость, хромая на левую ногу. Амплитуда движений в левом тазобедренном суставе: разгибание/сгибание –  $60^{\circ}/30^{\circ}$ , ротация наружная/внутренняя –  $5^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ , отведение/приведение –  $10^{\circ}/0^{\circ}/5^{\circ}$ , сгибательно-приводящая контрактура. Выявлено укорочение правой ноги около 3 см. Диагноз: правосторонний диспластический коксартроз 3 ст. по Crowe.

Тестирование по шкале ВАШ: 9 баллов; по опроснику качества жизни SF-36 (20 баллов): физический компонент здоровья: 10 баллов; психологический компонент здоровья: 10 баллов. После планирования выполнена операция: тотальное робот-ассистированное эндопротезирование левого тазобедренного сустава с применением робота МАКО, бесцементным протезом; детали планирования и результаты операции показаны на Рисунке 59.

Пациент был активизирован на следующие сутки после выполненного робот-ассистированного тотального эндопротезирования левого тазобедренного сустава, обучен ходьбе с дозированной нагрузкой на оперированную конечность при помощи костылей, выписан на 3-и сутки со дня операции в удовлетворительном состоянии. При контрольном осмотре через год после операции: результатом лечения пациент доволен. ВАШ: 0 баллов. Опросник качества жизни SF-36 (95 баллов): физический компонент здоровья: 45 баллов; психологический компонент здоровья: 50 баллов.

Клиническим примером пациента группы сравнения (группа II) служит пациент Д., 70 лет, который обратился в клинику с болями в левом тазобедренном суставе, нарушением походки. Пациент передвигается самостоятельно с опорой на костыли, хромая на левую ногу. Амплитуда движений в левом тазобедренном суставе: разгибание/сгибание –  $30^{\circ}/10^{\circ}$ , ротация наружная/внутренняя –  $5^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ , отведение/приведение –  $5^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ , сгибательно-приводящая контрактура. Выявлено укорочение левой ноги около 3 см. Диагноз: двусторонний диспластический коксартроз 3 ст. по Crowe. Тестирование по шкале ВАШ: 9 баллов; по опроснику качества жизни SF-36 (20 баллов): физический компонент здоровья: 10 баллов; психологический компонент здоровья: 10 баллов.



Примечание: А – определение длины конечности до операции; Б – планирование вертлужного компонента; В – планирование бедренного компонента; Г, Д – после операции  
Рисунок 59 – Пациент Г. Результаты планирования и операции

Пациенту выполнено традиционное первичное тотальное эндопротезирование левого тазобедренного сустава бесцементным эндопротезом той же системы, что и пациентам группы I. Пред- и послеоперационные рентгенограммы представлены на Рисунке 60.

Пациент был активизирован на следующие сутки после выполненного тотального эндопротезирования левого тазобедренного сустава, обучен ходьбе с дозированной нагрузкой на оперированную конечность при помощи костылей, выписан на 6-е сутки со дня операции в удовлетворительном состоянии. При контрольном осмотре через год после операции: результатом лечения пациент

доволен, отмечает длительный период реабилитации (3 мес. на костылях, далее еще 6 мес. курс реабилитации для полного восстановления). ВАШ: 3 балла (при длительной нагрузке). Опросник качества жизни SF-36 (40 баллов): физический компонент здоровья: 40 баллов; психологический компонент здоровья: 40 баллов.

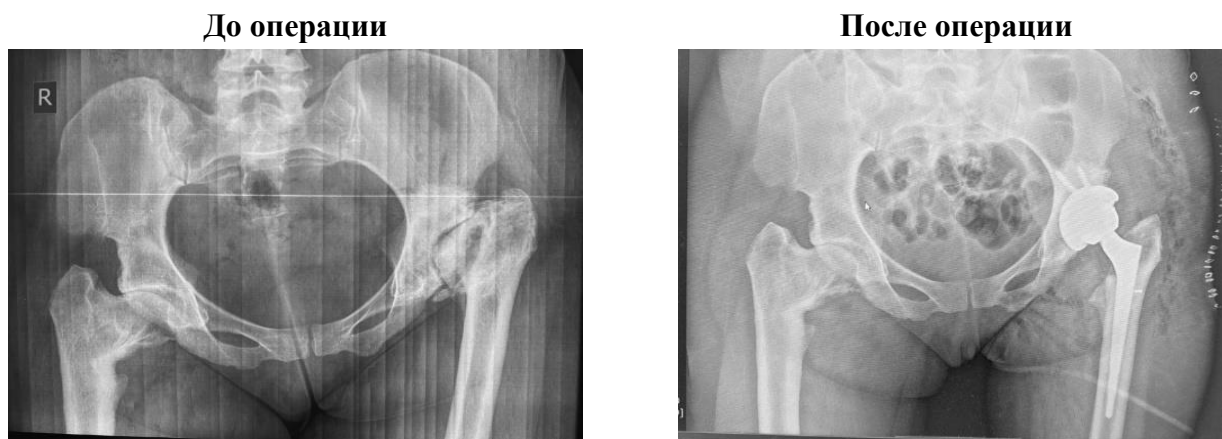


Рисунок 60 – Рентгенограммы пациента Д.

Пациент М., 56 лет, передвигается самостоятельно, без дополнительной опоры, хромя на левую ногу. Амплитуда движений в левом тазобедренном суставе: разгибание/сгибание –  $70^{\circ}/10^{\circ}$ , ротация наружная/внутренняя –  $10^{\circ}/0^{\circ}/5^{\circ}$ , отведение/приведение –  $15^{\circ}/0^{\circ}/5^{\circ}$ , сгибательно-приводящая контрактура. Выявлено укорочение левой ноги около 1 см. Диагноз: левосторонний диспластический коксартроз 2 ст. по Crowe. Тестирование по шкале ВАШ: 6 баллов; по опроснику качества жизни SF-36 (40 баллов): физический компонент здоровья: 20 баллов; психологический компонент здоровья: 20 баллов. Пациенту выполнено традиционное первичное тотальное эндопротезирование левого тазобедренного сустава безцементными эндопротезом. Пред- и послеоперационные рентгенограммы представлены на Рисунке 61.

Пациент был активизирован на следующие сутки после выполненного тотального эндопротезирования левого тазобедренного сустава, обучен ходьбе с дозированной нагрузкой на оперированную конечность при помощи костылей, выписан на 6-е сутки со дня операции в удовлетворительном состоянии. При контрольном осмотре через год после операции: результатом лечения пациент доволен, отмечает длительный период реабилитации (8 нед. на костылях, далее 3

мес. курс реабилитации для полного восстановления). ВАШ: 2 балла (при длительной нагрузке). Опросник качества жизни SF-36 (60 баллов): физический компонент здоровья: 30 баллов; психологический компонент здоровья: 30 баллов.



Рисунок 61 – Рентгенограммы пациента М.

Пациент Ф., 55 лет, передвигается самостоятельно с опорой на костыли, хромя на правую ногу. Амплитуда движений в правом тазобедренном суставе: разгибание/сгибание –  $20^{\circ}/5^{\circ}$ , ротация наружная/внутренняя –  $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ , отведение/приведение –  $5^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ , сгибательно-приводящая контрактура. Выявлено укорочение левой ноги около 3 см. Диагноз: двусторонний диспластический коксартроз 3 «а» ст. по Crowe. Тестирование по шкале ВАШ: 9 баллов; по опроснику качества жизни SF-36 (20 баллов): физический компонент здоровья: 10 баллов; психологический компонент здоровья: 10 баллов. Пациенту выполнено традиционное первичное тотальное эндопротезирование левого тазобедренного сустава безцементными эндопротезом. Пред- и послеоперационные рентгенограммы представлены на Рисунке 62.

Пациент был активизирован на следующие сутки после выполненного тотального эндопротезирования правого тазобедренного сустава, обучен ходьбе с дозированной нагрузкой на оперированную конечность при помощи костылей, выписан на 6-е сутки со дня операции в удовлетворительном состоянии. При контрольном осмотре через год после операции: результатом лечения пациент доволен, отмечает длительный период реабилитации (8 нед. на костылях, далее 3

мес. курс реабилитации для полного восстановления). ВАШ: 3 балла (при длительной нагрузке). Опросник качества жизни SF-36 (60 баллов): физический компонент здоровья: 30 баллов; психологический компонент здоровья: 30 баллов.

**До операции**



**После операции**



**Рисунок 62 – Рентгенограммы пациента Ф.**

Таким образом, детально анализируя технику выполнения робот-ассистированного первичного тотального эндопротезирования тазобедренного сустава, можно определенно сказать об удобной системе планирования оперативного вмешательства, которое при диспластическим коксартрозе всегда является непростым действием и требует всестороннего изучения деформаций вертлужной впадины и проксимального отдела бедренной кости, помогает оптимально подобрать размер и положение вертлужного компонента, центра ротации и офсета, оценить и скорректировать длину конечности, а затем во время операции выполнить разработку вертлужной впадины и имплантацию чашки в запланированную позицию, при этом имея постоянный визуальный контроль положения и глубины посадки. Все это позволяет точно выполнить план операции, максимально сократить время операции и точность коррекции деформации и длины конечности, что в дальнейшем может дать положительный клинический результат хирургического вмешательства.

## ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 4.1 Результаты клинического и рентгенологического исследований

Все пациенты при поступлении в травматолого-ортопедическое отделение жаловались на боль в покое, при хождении, хромоту и ограничение движений в поврежденном тазобедренном суставе. Пациенты отмечали также прогрессирование симптомов заболевания в последние годы, что привело их к операции. До операции болевой синдром был на одном уровне в обеих группах ( $61,8 \pm 14,8$  и  $63,9 \pm 14,8$  балла соответственно, при  $p=0,36$ ). Через 3 месяца после операции болевой синдром сохранялся на уровне предоперационного, или даже был выше ( $63,3 \pm 9,9$  и  $69,4 \pm 11,4$  балла соответственно, при  $p=0,36$ ), однако в группе I он был на 8,8% ниже, чем в группе II ( $p=0,007$ ). Через 6 месяцев после операции болевой синдром значительно регрессировал в обеих группах более чем в 2 раза, чем в 3 месяца после операции, соответственно в I группе  $26,2 \pm 5,7$  балла, в группе II –  $30,0 \pm 8,2$  балла, при  $p=0,011$ , что на 12,7% в основной группе меньше, чем в контрольной (Таблица 5).

Таблица 5 – Средние величины болевого синдрома по шкале ВАШ

Период наблюдения	Группа	N	Среднее	Среднекв. отклонение	p*
До операции	I	40	61,75	14,830	0,360
	II	52	63,88	14,770	
3 месяца после операции	I	40	63,33	9,864	0,007
	II	52	69,38	11,443	
6 месяцев после операции	I	40	26,15	5,668	0,011
	II	52	30,04	8,225	
12 месяцев после операции	I	40	16,75	5,256	0,447
	II	52	16,77	5,283	

Примечание: \* U-критерий Манна-Уитни для независимых выборок

Через 12 месяцев после операции уровень болевого синдрома еще уменьшился, но статистически значимой разницы между группами не имел ( $16,8 \pm 5,3$  и  $16,8 \pm 5,3$  балла соответственно, при  $p=0,447$ ), что показано на Рисунке 63.

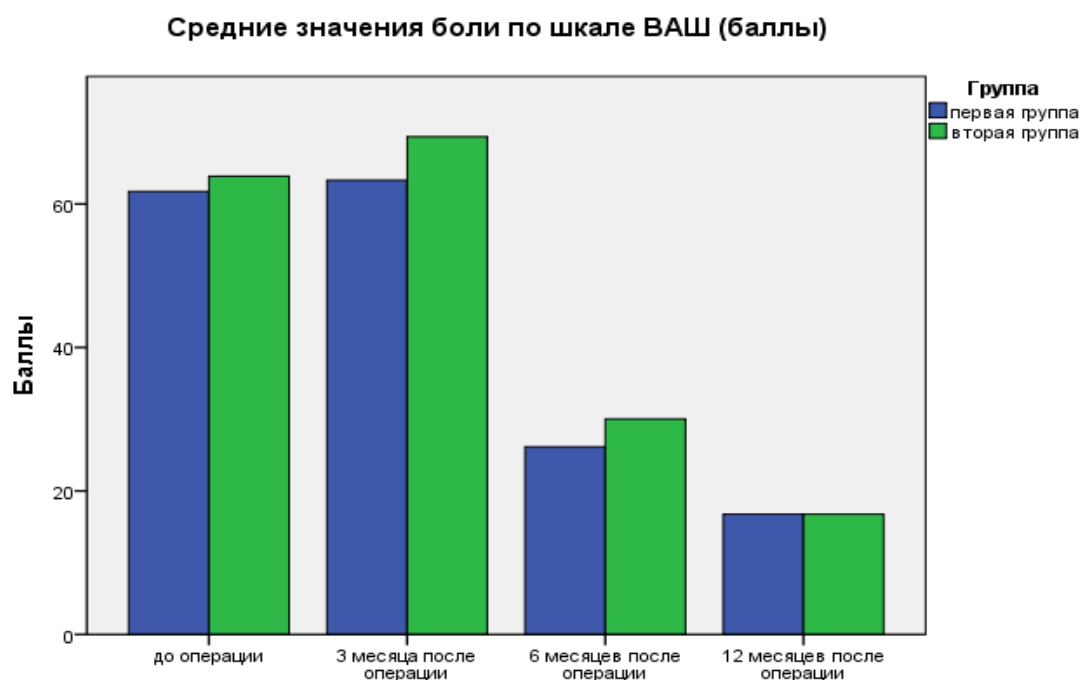


Рисунок 63 – Диаграмма динамики болевого синдрома

Комплексная оценка по шкале Харриса показывает значительное улучшение функции оперированной конечности через год после операции, результаты улучшились в среднем в 2 раза (группа I в 2,03 раза с  $44,3 \pm 5,8$  балла до  $89,5 \pm 3,1$ , в группе II на 1,9 с  $43,9 \pm 5,2$  балла до  $83,6 \pm 4,5$ ), при отсутствии статистически значимой разницы между группами до операции (Таблица 6).

Через год после операции с применением ортопедического робота (группа I) результат был выше, чем в контрольной группе, где операцию выполняли мануальной техникой (группа II), на 6,6% при значительной статистической разнице между группами ( $p < 0,001$ ), что представлено на Рисунке 64.

Средние значения функции тазобедренного сустава по шкале Оксфорда (OHS) в I группе  $18,5 \pm 5,9$  балла, во II группе  $19,6 \pm 6,1$  балла не имели статистически

значимой разницы ( $p=0,302$ ), после операции выросли в группе I на 59,3% (в 2,5 раза), в группе II на 43,2% (в 1,8 раза) (Таблица 7). При сравнении групп между собой через 12 месяцев после операции отмечаются более высокие показатели в основной группе, превышающие контрольную группу на 24%, высокой статистической значимости результата ( $p<0,001$ ), что показано на Рисунке 65 [29].

Таблица 6 – Средние величины по шкале Харриса (HHS)

Период наблюдения	Группа	N	Среднее	Среднекв. отклонение	p*
До операции	I	40	44,13	5,752	0,760
	II	52	43,96	5,220	
12 месяцев после операции	I	40	89,53	3,146	0,000
	II	52	83,58	4,548	

Примечание: \* U-критерий Манна-Уитни для независимых выборок

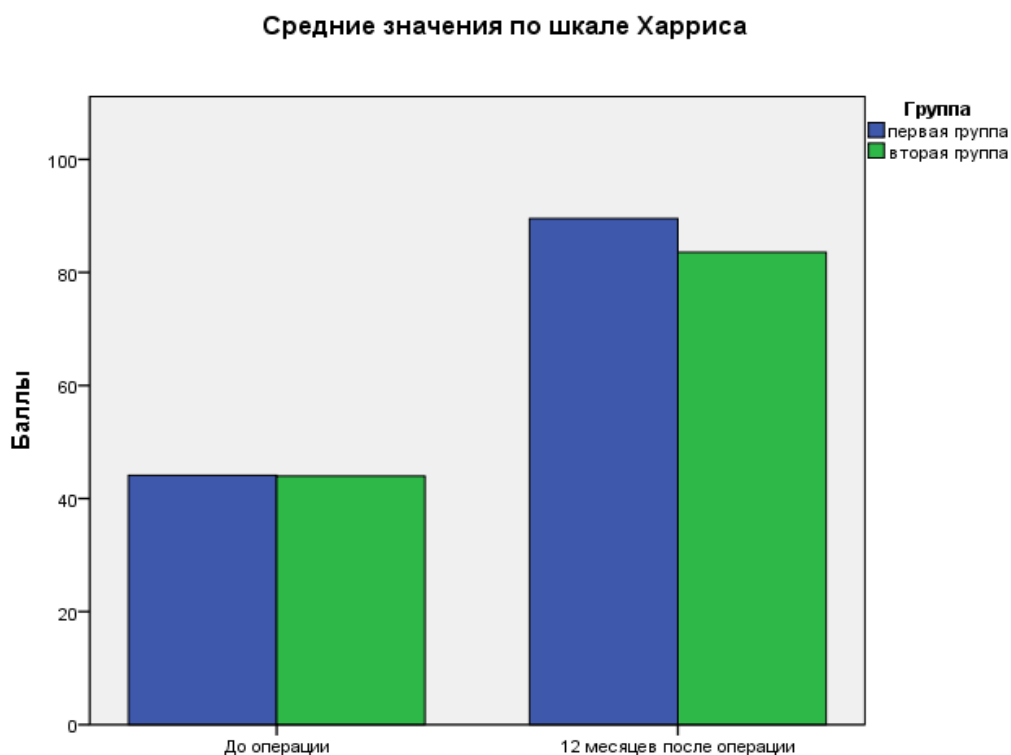


Рисунок 64 – Диаграмма динамики средних значений по шкале Харриса

Таблица 7 – Средние величины по шкале Оксфорд (OHS)

Период наблюдения	Группа	N	Среднее	Среднекв. отклонение	p*
До операции	I	40	18,48	5,948	0,302
	II	52	19,60	6,088	
12 месяцев после операции	I	40	45,40	1,150	0,000
	II	52	34,52	2,091	

Примечание: \* U-критерий Манна-Уитни для независимых выборок



Рисунок 65 – Диаграмма динамики средних значений по шкале Оксфорд (OHS)

Показатели качества жизни по шкале SF-36 до операции по физическому и психическому компонентам здоровья между группами статистической разницы не имели (физический компонент здоровья до операции: I группа  $39,5 \pm 9,4$  балла, II группа  $38,7 \pm 8,3$ ,  $p=0,787$ ; психический компонент здоровья до операции: I группа  $30,1 \pm 2,6$ , II группа  $29,9 \pm 2,8$  балла,  $p=0,744$ ) (Таблица 8). После операции через 12 месяцев показатели резко выросли в обеих группах, однако в основной группе были лучше по обоим показателям, что показано на Рисунке 66. По показателю физического компонента здоровья на 9,2%, психического компонента здоровья – на 9,1%, при  $p < 0,001$ .

Таблица 8 – Средние величины по шкале SF-36

Период наблюдения	Группа	N	Среднее	Среднекв. отклонение	p*
Физический компонент здоровья до операции	I	40	39,38	9,380	0,787
	II	52	38,65	8,296	
Психический компонент здоровья до операции	I	40	30,05	2,611	0,744
	II	52	29,94	2,789	
Физический компонент здоровья через 12 месяцев после операции	I	40	91,78	5,376	0,000
	II	52	83,40	4,285	
Психический компонент здоровья через 12 месяцев после операции	I	40	94,13	3,510	0,000
	II	52	85,50	5,525	

Примечание: \* U-критерий Манна-Уитни для независимых выборок

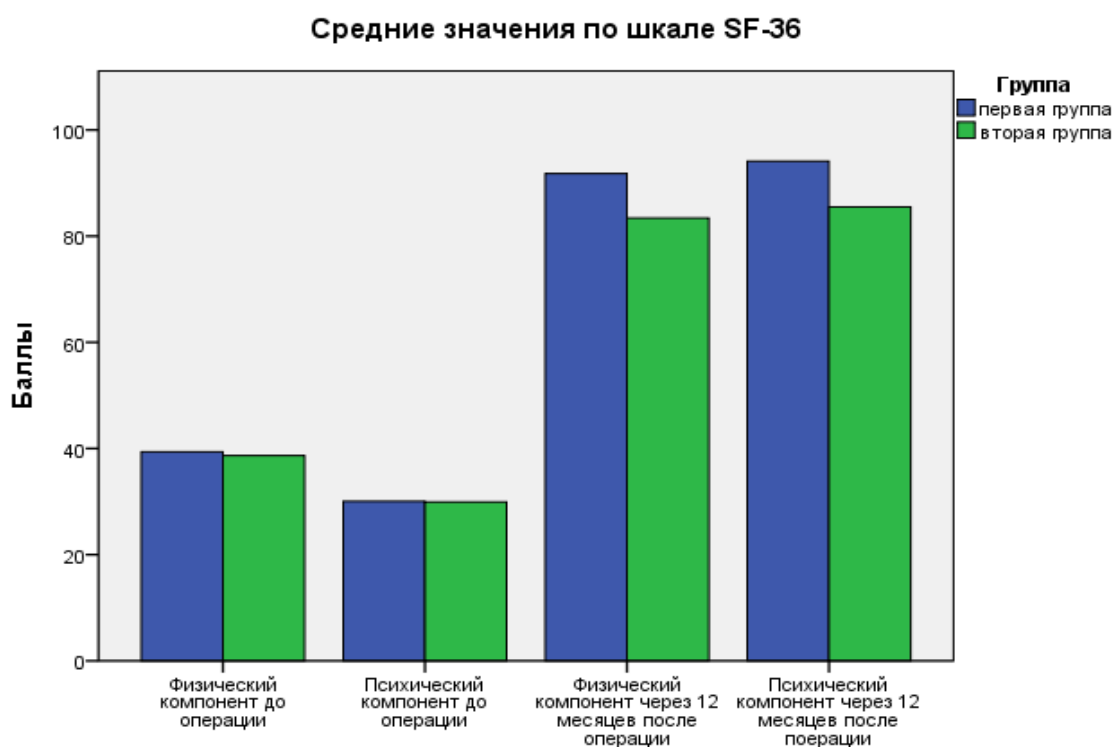


Рисунок 66 – Диаграмма динамики средних значений по шкале SF-36

Показатель по шкале ФЖС-12 (FJS-12) через 12 месяцев после операции в обеих группах у пациентов с диспластическим коксартрозом был на уровне 85 баллов ( $85,9 \pm 3,5$  и  $84,1 \pm 6,4$  балла соответственно), статистически значимой разницы выявлено не было ( $p=0,307$ ) (Таблица 9) [29].

Таблица 9 – Средние величины по шкале ФЖС-12 (FJS-12)

Период наблюдения	Группа	N	Среднее	Среднекв. отклонение	p*
12 месяцев после операции	I	40	85,98	3,497	0,307
	II	52	84,08	6,386	

Примечание: \* U-критерий Манна-Уитни для независимых выборок

При анализе амплитуды движения в тазобедренном суставе у пациентов с диспластическим коксартрозом до операции отмечались очень низкие значения отведения-приведения и ротации, по всем трем показателям до операции статистической значимости разницы между группами не выявлено. Амплитуда сгибания-разгибания до операции и после операции выросла в группе I на  $37^\circ$  или  $35,9\%$  (с  $66,0 \pm 13,4^\circ$  до  $103,0 \pm 10,9^\circ$ ), а в группе II – на  $36,2^\circ$  или  $36,9\%$  (с  $61,7 \pm 12,3^\circ$  до  $97,9 \pm 11,1^\circ$ ), причем до операции разница между группами была  $6,5\%$  без статистически значимой разницы ( $p=0,106$ ), а после операции амплитуда сгибательно-разгибательных движений была больше в основной группе на  $4,9\%$  при статистически значимой разнице ( $p=0,033$ ). В остальных измерениях также отмечен значительный прогресс амплитуды движений в обеих группах до и после операции, однако статистически значимой разницы между группами после операции выявлено не было, что представлено в Таблице 10 [29].

При анализе рентгенологических данных средних величин углов горизонтального и вертикального отклонения вертлужной впадины (до операции) и углов горизонтального и вертикального отклонения чашки эндопротеза (после операции) существенных различий в робот-ассистированной и мануальной технике операций мы не нашли, статистически значимой разницы не выявлено, но следует

отметить, что при планировании угла горизонтального отклонения чашки (после операции) в обеих группах 15° антеверсии, мы получили в группе I (робот-ассистированная операция) среднее значение угла  $15,0 \pm 1,2^\circ$ ; разброс  $1,2^\circ$ , а в группе II (мануальная техника)  $14,8 \pm 6,2^\circ$ ; разброс  $6,2^\circ$  (Таблица 11).

Таблица 10 – Сравнение амплитуды движений в ТБС до и после операции

Показатель	Группа	N	Среднее	Среднекв. отклонение	p*
Сгибание-разгибание до операции	I	40	66,00	13,359	0,106
	II	52	61,73	12,362	
Сгибание-разгибание после операции	I	40	103,00	10,966	0,033
	II	52	97,98	11,082	
Отведение-приведение до операции	I	40	11,63	6,344	0,599
	II	52	12,50	6,824	
Отведение-приведение после операции	I	40	42,50	11,602	0,122
	II	52	38,27	13,206	
Ротация до операции	I	40	6,63	5,236	0,629
	II	52	7,12	5,082	
Ротация после операции	I	40	52,38	12,659	0,295
	II	52	49,04	13,721	
Примечание: * U-критерий Манна-Уитни для независимых выборок					

При этом необходимо отметить, что диапазон в группе I составил  $4^\circ$  (мин.  $13^\circ$ , макс.  $17^\circ$ ), в группе II диапазон составил  $25^\circ$  (мин.  $5^\circ$ , макс.  $30^\circ$ ), то есть робот-ассистированная техника позволяет выполнить в 6,25 раза более точное позиционирование в аксиальной плоскости, но статистической разницы между группами не было. То же самое отмечено при анализе угла вертикального отклонения чашки вертлужной впадины, при планировании  $45^\circ$  позиции: мы

получили в группе I (робот-ассистированная операция) среднее значение угла  $45,0 \pm 1,1^\circ$  (разброс  $1,1^\circ$ ), в группе II (мануальная техника)  $42,8 \pm 7,4^\circ$  (разброс  $7,4^\circ$ ). При этом необходимо отметить, что диапазон в группе I составил  $4^\circ$  (мин.  $43^\circ$ , макс.  $47^\circ$ ), в группе II диапазон составил  $25^\circ$  (мин.  $30^\circ$ , макс.  $55^\circ$ ), то есть робот-ассистированная техника позволяет выполнить в 6,25 раза более точное позиционирование в фронтальной плоскости, но статистической разницы между группами не было.

Таблица 11 – Сравнение углов вертлужной впадины и чашки, укорочения конечности пациента до и после операции

Показатель	Группа	N	Среднее	Среднекв. отклонение	p*
Угол горизонтального отклонения вертлужной впадины до операции	I	40	8,63	4,770	0,937
	II	52	8,48	4,448	
Угол горизонтального отклонения чашки после операции	I	40	15,00	1,240	0,581
	II	52	14,88	6,208	
Угол вертикального отклонения вертлужной впадины до операции	I	40	30,05	2,012	0,729
	II	52	30,15	2,355	
Угол вертикального отклонения чашки после операции	I	40	45,00	1,132	0,148
	II	52	42,75	7,388	
Укорочение конечности до операции	I	40	3,28	1,339	0,674
	II	52	3,40	1,390	
Укорочение конечности после операции	I	40	0,98	0,102	0,001
	II	52	1,62	0,820	
Примечание: * U-критерий Манна-Уитни для независимых выборок					

Остаточное укорочение (которое мы планировали 0 мм – равная длина конечностей) после операции в группе I (робот-ассистированная операция) мы получили  $0,9 \pm 0,1$  см, в группе II (мануальная техника)  $1,6 \pm 0,8$  см, повысить точность выравнивания длины конечности на 43,75%, при статистически значимой разнице  $p=0,001$ , что также представлено в Таблице 11.

У всех пациентов, которым выполнялось раТЭТС, отклонение от предоперационного плана составило 0%, интра- и послеоперационные осложнения – 0%. При ммТЭТС отклонение от предоперационного плана составило 30%. Рисунки 67 и 68 наглядно демонстрируют преимущества раТЭТС над ммТЭТС.

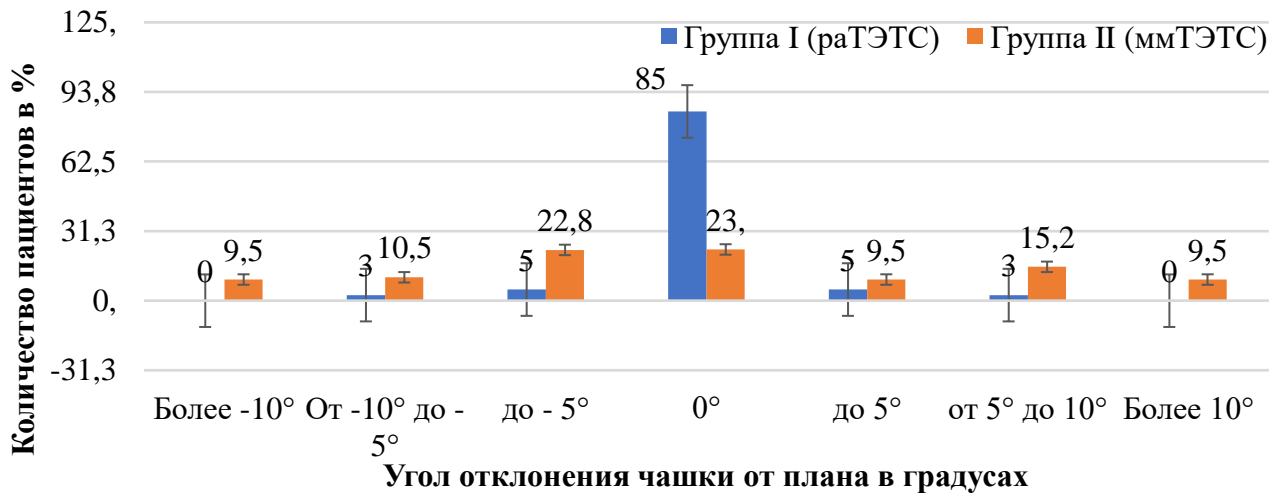


Рисунок 67 – Распределение пациентов по углу вертикального отклонения чашки после операции

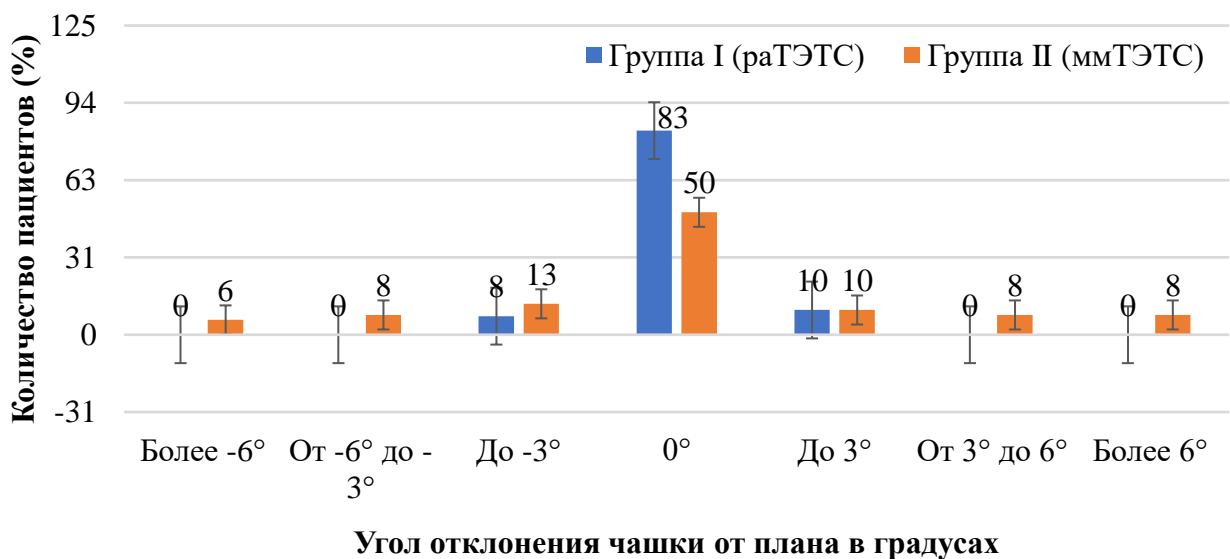


Рисунок 68 – Распределение пациентов по углу горизонтального отклонения чашки после операции

Объем интраоперационной кровопотери в обеих группах составлял от 50 мл до 250 мл, ни в одном случае нам не понадобилось выполнять гемотрансфузию. Средние значения интраоперационной кровопотери показали, что в группе I раТЭТС на 11% кровопотери меньше, чем в группе II ммТЭТС.

Средние значения длительности операции в группе I (раТЭТС) составили  $53,8 \pm 4,3$  минуты, в группе II (ммТЭТС) значительно больше –  $71,7 \pm 11,9$  минуты, что на 25% больше, чем в основной группе ( $p < 0,001$ ) (Таблица 12).

Таблица 12 – Сравнение средней длительности операции

Показатель	Группа	N	Среднее	Среднекв. отклонение	p*
Длительность операции (мин)	I	40	53,75	4,349	0,000
	II	52	71,69	11,935	
Интраоперационная кровопотеря (мл)	I	40	220,72	24,00	0,037
	II	52	248,32	35,90	

Примечание: \* U-критерий Манна-Уитни для независимых выборок

Данный показатель показывает, что при диспластическом коксартрозе при наличии деформации (недоразвития) вертлужной впадины всегда есть трудности с позиционированием чашки, в этом случае робототехника позволяет точно планировать, прецизионно ригировать и устанавливать чашку, интраоперационная поддержка и визуализация дают преимущества в этом компоненте и при выравнивании длины конечности, что мы уже обсуждали выше.

Поэтому в основной группе у нас не было конверсии, то есть перехода на базовую мануальную технику, также не отмечалось ни одного случая изменения плана операции. В контрольной группе при выполнении имплантации чашки эндопротеза в четырех случаях, что составило 7,7%, по необходимости была выполнена пластика вертлужной впадины аутокостью с фиксацией винтами.

Согласно результатам, представленным в данном разделе, можно заключить, что ТЭТС, выполненное с применением робота при дисплазии, имеет следующие преимущества [15, 18]:

- снижение болевого синдрома по шкале ВАШ через 3, 6 и 12 месяцев;
- улучшении функции конечности по шкалам Харриса и Оксфорда через год после операции;
- улучшение качества жизни по шкале SF-36 через 12 месяцев после операции;
- незначительное увеличение амплитуды движений;
- более высокая точность позиционирования чашки и выравнивания длины нижних конечностей;
- снижение кровопотери за счет уменьшения дополнительных манипуляций, что, в свою очередь, приводит к снижению продолжительности операции.

#### 4.2 Ошибки и осложнения

Клинический пример. Пациентка А., 67 лет, поступила в травматолого-ортопедическое отделение с жалобами на болевые ощущения, хромоту, ограничение движений в левом тазобедренном суставе и укорочение левой нижней конечности на 2 см. Со слов пациентки, болевые ощущения на протяжении более 5 лет, консервативное лечение не имело эффекта. Последние 6 месяцев пациентка отмечает прогрессирование болевых ощущений и ограничение амплитуды движений тазобедренного сустава.

Пациентка А. передвигается самостоятельно с опорой на трость, хромая на левую ногу. Амплитуда движений в левом тазобедренном суставе: разгибание/сгибание –  $175^{\circ}/40^{\circ}$ , ротация наружная/внутренняя –  $6^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ , отведение/приведение –  $10^{\circ}/0^{\circ}/5^{\circ}$ , сгибательно-приводящая контрактура. Выявлено укорочение левой ноги около 2 см. Ранее пациентке установлен тотальный эндопротез правого тазобедренного сустава, боли нет, амплитуда движений удовлетворительная.

На рентгенограммах таза в прямой проекции выявлено: левосторонний диспластический коксартроз 3 «а» ст. по Crowe, с укорочением на 2 см. Эндопротез правого тазобедренного сустава (Рисунок 69 А).

Тестирование по шкале ВАШ: 9 баллов, по опроснику качества жизни SF-36 (40 баллов): физический компонент здоровья: 20 баллов; психологический компонент здоровья: 20 баллов.

Выполнено оперативное вмешательство: тотальное эндопротезирование левого тазобедренного сустава, при римирировании вертлужной впадины выявлено выраженное недопокрытие примерочной чашки планируемого размера. Принято решение выполнить пластику крыши вертлужной впадины аутокостью «из головки бедренной кости» с фиксацией двумя винтами 5 мм диаметром и длиной 45 и 60 мм. Компоненты эндопротеза Smith&Nephew: ацетабулярный компонент R3 50, фиксирован двумя винтами 6,5 мм, длиной 25 мм, бедренный компонент SL 4, вкладыш 28/50, головка COBALT CHROME 28/+0. Операция заняла 80 минут. Послеоперационная рана зажила первичным натяжением. Положение эндопротеза по результатам лучевой диагностики корректное (Рисунок 69 Б).



Рисунок 69 – Рентгенограммы сустава пациентки А. до (А) и после (Б) тотального эндопротезирования левого тазобедренного сустава

Пациентка активизирована на следующие сутки после операции. При выписке на 6-е сутки со дня операции пациентка передвигается при помощи

костылей (рекомендовано ограничение нагрузки в течение 3 месяцев после операции).

При контрольном осмотре через год после операции: результатом лечения пациентка довольна, отмечает длительный период реабилитации (3 мес. на костылях, далее еще 3 мес. курс реабилитации для полного восстановления). ВАШ: 2 балла (при длительной нагрузке). Опросник качества жизни SF-36 (40 баллов): физический компонент здоровья: 40 баллов; психологический компонент здоровья: 40 баллов.

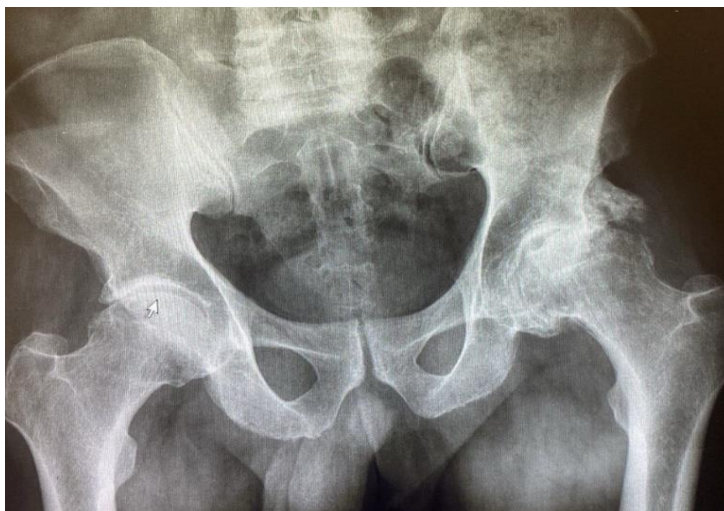
Вывихи эндопротеза тазобедренного сустава в контрольной группе имели место в двух случаях (3,8%), были вправлены закрытым путем, в последующем не рецидивировали, и позиция вертлужного компонента была признана удовлетворительной, как представлено на Рисунке 70.

Вывихи эндопротеза тазобедренного сустава в результате неверной позиции чашки имели место в контрольной группе в двух случаях (3,8%), что потребовало ранней ревизионной операции и замены вертлужного компонента.

Клинический пример. Пациентка В., 50 лет, при поступлении в травматолого-ортопедическое отделение жаловалась на болевые ощущения, хромоту, ограничение движений в левом тазобедренном суставе и укорочение нижней конечности на 2 см. ВАШ: 9 баллов, опросник качества жизни SF-36 (40 баллов): физический компонент здоровья: 20 баллов; психологический компонент здоровья: 20 баллов. Согласно результатам опроса, боль в суставе пациентка испытывает в течение последних 15 лет, с прогрессированием боли, хромоты и ограничением амплитуды движений в последние 12 месяцев. Проведенное консервативное лечение не принесло положительного результата.

Пациентка В. передвигается самостоятельно, без использования дополнительной опоры, прихрамывая на левую ногу. Амплитуда движений в левом тазобедренном суставе: разгибание/сгибание –  $75^{\circ}/40^{\circ}$ , ротация наружная/внутренняя –  $6^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ , отведение/приведение –  $10^{\circ}/0^{\circ}/5^{\circ}$ , сгибательно-приводящая контрактура, движения болезненные, укорочение около 2 см.

### Диспластический левосторонний коксартроз



**После операции**



**Вывих эндопротеза**

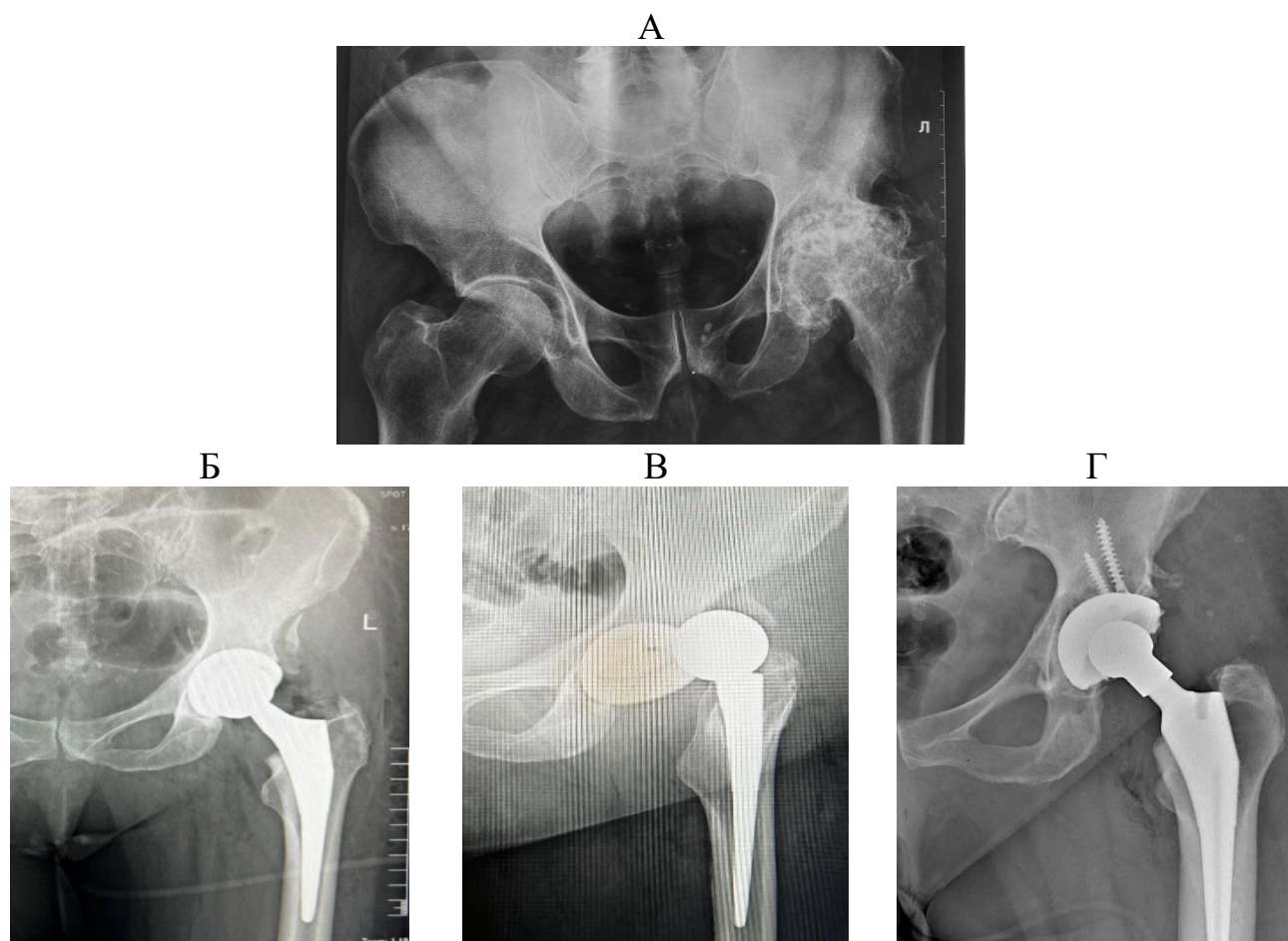


**Рисунок 70 – Рентгенограммы пациента Б.**

По результатам обследования пациентке был установлен диагноз: «M16.3. Левосторонний диспластический коксартроз 3 Crowe, укорочение нижней конечности на 2 см» (Рисунок 71 А). Рекомендовано оперативное лечение: тотальное робот-ассистированное эндопротезирование левого тазобедренного сустава.

Выполнено оперативное вмешательство: тотальное эндопротезирование левого тазобедренного сустава. Имплантированы компоненты эндопротеза Stryker: ацетабулярный компонент Trident 54mm\Е, бедренный компонент Accolade 3,

вкладыш 32/Е, головка COBALT CHROME 32/+4). Операция заняла 50 минут. В результате оперативного лечения длина конечности у пациентки восстановлена (Рисунок 71 Б). Послеоперационная рана без признаков воспаления, отек отсутствует. Пациентка была активизирована на следующие сутки после выполненного тотального эндопротезирования левого тазобедренного сустава, обучена ходьбе с дозированной нагрузкой на оперированную конечность при помощи костылей, выписана на 3-и сутки со дня операции в удовлетворительном состоянии. На 7-е сутки при вставании со стула произошел вывих эндопротеза (Рисунок 71 В), который вправили закрыто, под наркозом, однако в течение недели вывих рецидивировали и вправить не удавалось. Выполнена ревизионная операция. При операции выявлена избыточная задняя ротация вертлужного компонента в горизонтальной плоскости. Выполнена замена чашки с установкой в правильную позицию с фиксацией винтами (Рисунок 71 Г).

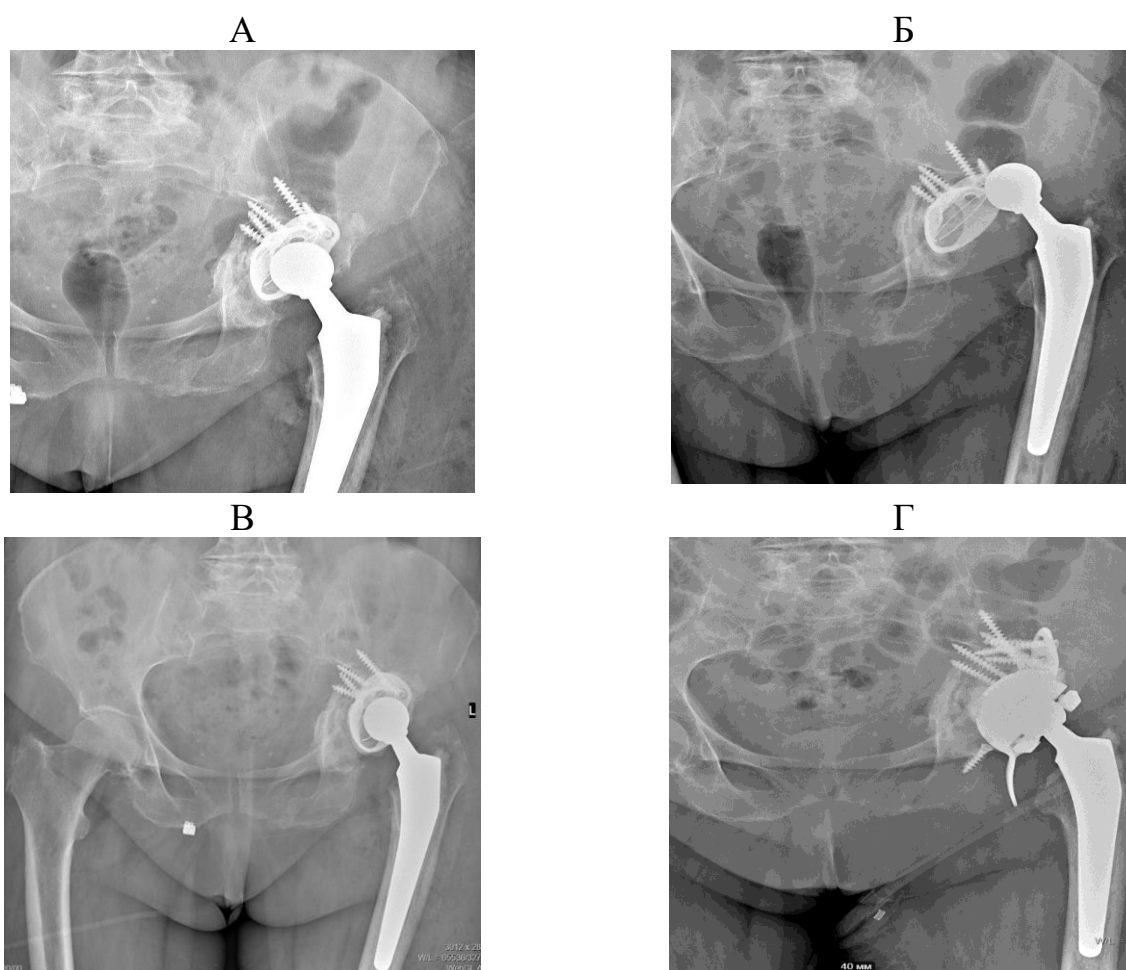


Примечание: А – до, Б – после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава; В – вывих эндопротеза, Г – после замены вертлужного компонента

Рисунок 71 – Рентгенограмма тазобедренного сустава пациентки В.

При контрольном осмотре через год после операции: результатом лечения пациентка довольна. ВАШ: 0 баллов. Опросник качества жизни SF-36 (95 баллов): физический компонент здоровья: 45 баллов; психологический компонент здоровья: 50 баллов.

Второй клинический случай вывиха эндопротеза в результате мальпозиции чашки. Пациентка Г., 62 года. Выполнено тотальное эндопротезирование левого тазобедренного сустава с первичной пластикой вертлужной впадины костным аллотрансплантатом и кольцом Мюллера, по поводу диспластического коксартроза (Рисунок 72 А), через 2 месяца после операции произошел вывих эндопротеза (Рисунок 72 Б), после вправления которого выявлена миграция чашки (Рисунок 72 В). Выполнена ревизионная операция с заменой вертлужного компонента кольцом Буршайдера и антилюксационной системой (Рисунок 72 Г).



Примечание: А – после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава; Б – вывих эндопротеза ТЭТС, В – вправление эндопротеза, Г – после ревизионной операции замены вертлужного компонента

Рисунок 72 – Рентгенограмма тазобедренного сустава пациентки В.

Таким образом, применение робот-ассистированного тотального эндопротезирования при диспластическом коксартрозе позволяет избежать интраоперационной необходимости в дополнительных манипуляциях при оперативном вмешательстве (7,7%) и после операционных осложнений (вывихов эндопротеза) на 7,7% случаев. Согласно полученным результатам, роботизированные операции могут привести к меньшему количеству осложнений, сокращению сроков пребывания в больнице и более быстрому возвращению к нормальной жизни и удовлетворенности пациента от выполненного хирургического вмешательства.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эндопротезирование тазобедренного сустава представляет собой возможность для пациента восстановить двигательную функцию, избежать болевых ощущений и, в итоге, повысить уровень качества своей жизни. Серьезные осложнения замены тазобедренного сустава включают вывих протеза, асептическое расшатывание, инфекцию протеза, перипротезный перелом и стойкую хромоту. Они требуют хирургической коррекции и обычно связаны со значительными усилиями.

Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава является распространенным и успешным методом лечения диспластического остеоартрита и других заболеваний тазобедренного сустава и проводится с целью облегчения боли и улучшения функции движения у лиц с прогрессирующим диспластическим артритом тазобедренного сустава [15]. Для государства и общества в целом эндопротезирование позволяет снизить риск инвалидизации населения. При этом внедрение и активное применение робот-ассистированных методов эндопротезирования тазобедренного сустава рассматривается перспективным направлением, позволяющим:

- снизить риск человеческой ошибки при выполняемых предоперационных и интраоперационных манипуляциях путем устранения ошибок, вызванных усталостью, тремором рук хирурга и т.д.;
- повысить качество результатов при роботизированной ТЭТС;
- увеличить точность и воспроизводимость хирургических манипуляций;
- предотвратить риск нежелательных побочных реакций и осложнений, вызванных интраоперационной кровопотерей, необходимостью дополнительных интраоперационных манипуляций, длительностью операции;
- снизить длительность пребывания пациента в стационаре в послеоперационный период, которая не только накладывает дополнительную экономическую нагрузку на систему здравоохранения, но и негативно сказывается

на скорости послеоперационного восстановления пациента вследствие его ограниченной подвижности в условиях стационара.

Результаты теоретического исследования позволили определить следующие ограничения, препятствующие активному внедрению роботизированных систем в ортопедическую хирургию:

- необходимость высокого уровня затрат на закупку и обслуживание оборудования;
- требования к дополнительному обучению врачей-хирургов работе с таким оборудованием;
- вынужденная необходимость дополнительного облучения (КТ) пациентов в условиях применения роботизированных технологий.

Анализ результатов имеющихся клинических исследований, представленных в российских и зарубежных периодических изданиях, показал, что при роботизированной замене тазобедренного сустава частота интраоперационных осложнений, включая интраоперационные переломы бедренной кости и трещины/разломы бедренной кости, а также неправильная установка имплантов была значительно ниже по сравнению с операциями, выполненными традиционными методами. Полученные результаты объясняются более точным процессом фрезерования кости и правильными углами постановки имплантов, обеспечиваемыми роботизированной системой.

Отмечена более высокая частота интраоперационных осложнений у пациентов, которым ТЭТС было выполнено традиционными методами, по сравнению с пациентами, замена сустава которым была осуществлена с применением роботизированных технологий. В ряде других исследований частота послеоперационных осложнений при робот-ассистированной ТЭТС была значительно ниже относительно числа осложнений после ТЭТС, выполненного традиционными методами.

В то же время в ряде исследований отмечена необходимость обязательного активного участия хирурга при выполнении робот-ассистированной операции по эндопротезированию тазобедренного сустава вследствие возможных технических

проблем роботизированной операции ТЭТС (в литературных данных частота ошибки при использовании роботизированных технологий обозначена как

0,3–0,6%). Несмотря на такой низкий уровень возможной ошибки, вероятность ее снизить путем своевременного интраоперационного вмешательства хирургом дает возможность почти полного устранения интраоперационных ошибок при ТЭТС.

За 2024 г. на базе кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф Института клинической медицины имени Н. В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) проведено лечение 92 пациентов в возрасте 18–90 лет, нуждавшихся в тотальном эндопротезировании тазобедренного сустава: с февраля по декабрь 2024 г. 40 пациентам было выполнено тотальное эндопротезирование с применением роботизированных технологий (с использованием робота МАКО), 52 пациентам было выполнено тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава традиционными мануальными методиками.

Согласно результатам исследования, тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава, выполненное с применением робота МАКО, имеет следующие преимущества:

- снижение продолжительности операции;
- отсутствие человеческой ошибки;
- уменьшение интраоперационной кровопотери;
- отсутствие необходимости в дополнительных манипуляциях при оперативном вмешательстве;
- улучшение показателей восстановительного послеоперационного периода за счет снижения продолжительности использования вспомогательных средств для передвижения;
- снижение продолжительности операции и уменьшение интраоперационной кровопотери, в свою очередь, снижают вероятность нежелательных интраоперационных и послеоперационных осложнений.

ТЭТС восстанавливает функцию сустава и улучшает качество жизни пациента. Правильное позиционирование импланта необходимо для достижения долгосрочной выживаемости протеза. В то же время, наряду с высоким уровнем эффективности и долгосрочного положительного эффекта для пациента, ТЭТС имеет ряд рисков, обусловленных, в первую очередь, возможными человеческими ошибками хирурга при предоперационном планировании и на этапе хирургического вмешательства. ТЭТС является одним из основных подходов при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава и гарантирует точность позиционирования протеза вертлужной впадины, а угол наклона, длину ноги и эксцентриситет протеза можно визуально регулировать во время операции, что характеризуется удовлетворительными среднесрочными и отдаленными эффектами. Также ТЭТС характеризуется наличием периоперационных рисков и относительно высокой частотой осложнений, что определяет необходимость предоперационной оценки и персонализированного подхода при ведении пациента в полной мере, с учетом особенностей состояния пациента, анамнеза его заболевания, специфики выполненного хирургического вмешательства, а также уровня подготовки врачей-хирургов и специфики используемого оборудования.

Необходимо отметить, что долгосрочные результаты ТЭТС определяются не только техникой его выполнения, но и уровнем активности и нагрузки на суставы. Вследствие этого предоперационное консультирование пациента относительно не только предстоящей операции, но и послеоперационных рекомендаций по коррекции образа жизни имеет большое значение для сохранения реалистичных ожиданий и предотвращения нежелательных осложнений.

В операциях ТЭТС точность и контроль выполняемых действий на всех этапах имеют первостепенное значение, и именно роботизированные системы способны обеспечить такую высокую точность. Объединяя передовые методы визуализации с опытом хирурга, роботизированные платформы обеспечивают уровень точности вплоть до одного миллиметра и градуса, которого ручные процедуры не могут достичь. Эта синергия ловкости человека и точности машины

облегчает проведение сложных операций с большей уверенностью и улучшенными результатами.

Целесообразно выделить ряд показателей, определяющих успешность подхода к хирургическому лечению:

- безопасность для пациента,
- возможность избежания повторных операций,
- качество имплантов,
- опыт хирурга.

Кроме того, адекватный выбор метода ТЭТС должен основываться не только на состоянии пациента, но и на опыте хирурга, выполняющего операционное вмешательство, а также качестве имплантов. Основополагающее значение в успешности выполняемого хирургического вмешательства имеет разработка предоперационного шаблона и точное размещение эндопротеза во время операции. Неправильное позиционирование протеза может вызвать ряд осложнений:

- вывих бедра,
- плохую биомеханику,
- ускоренный износ протеза,
- перипротезный перелом,
- неравную длину нижних конечностей,
- повышенный риск необходимости повторных операций.

Исследования показывают, что традиционные подходы ТЭТС характеризуются высокой частотой неправильного расположения вертлужного компонента. Традиционно ключом к определению положения протеза является клинический опыт хирурга и хорошая хирургическая техника.

Выполненные с помощью робот-ассистента МАКО (Stryker Corporation, США, «МАКО Robot») операции признаются эффективными при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава.

Можно выделить следующие преимущества внедрения роботизированных технологий при эндопротезировании тазобедренного сустава:

- повышенная точность в предоперационных замерах и на интраоперационном этапе, в том числе при выравнивании и размещении имплантата, что имеет решающее значение для долговечности и функциональности эндопротеза;

- снижение травматизма за счет минимально инвазивной природы роботизированных операций, что сопровождается меньшей послеоперационной болью и более сжатыми сроками восстановления пациента и его функциональной активности;

- возможность точного предоперационного планирования с учетом индивидуальным анатомо-физиологических особенностей пациента, что снижает риски повреждения окружающих тканей;

- возможность интеграции данных для обработки из разных источников, с обратной связью в режиме реального времени, что гарантирует согласованность реализуемого хирургического подхода с предоперационной стратегией даже в случае возникновения неожиданных анатомических изменений;

- возможность применения симуляционных технологий в обучении врачей-хирургов: хирурги, практикуясь на виртуальных моделях, могут обучаться работе с роботизированными системами, что повышает уровень их практических навыков и, в итоге, увеличивает эффективность и улучшает результат хирургического вмешательства;

- роботизированные операции могут привести к меньшему количеству осложнений, сокращению сроков пребывания в больнице и более быстрому возвращению к нормальной жизни.

При использовании робота МАКО технология выполнения раТЭТС реализуется с помощью руки робота и КТ-навигации, что в совокупности помогает направлять позиционирование вертлужной впадины и имплантацию протеза. По сравнению с традиционным ммТЭТС, при раТЭТС с участием роботизированной руки МАКО присутствуют следующие преимущества:

- обеспечение точной имплантации всех компонентов эндопротеза;
- снижение рисков человеческой ошибки;

- возможность в режиме реального времени менять компоненты протеза, ход операции который покажет результат наперед;
- снижение диспропорции между нижними конечностями.

Результаты выполненного исследования показывают, что роботизированные технологии значительно повышают точность установки протезов. В этом исследовании положение вертлужной впадины группы роботов было установлено в диапазоне  $40^\circ$  угла разгибания и  $20^\circ$  угла наклона вперед перед операцией. Обзор после завершения размещения вертлужной впадины во время операции показал, что все они находились в пределах диапазона угла, установленного перед операцией, и они все еще находились в пределах безопасной зоны. Послеоперационные рентгеновские измерения показали, что разница в угле разгибания вертлужной впадины между двумя группами пациентов была статистически значимой, особенно с точки зрения переднего наклона. Разница в длине нижних конечностей группы РА была значительно меньше, чем у контрольной группы, что соответствует дооперационной разнице с помощью робота МАКО. Существует прямая зависимость между точным измерением, точным размещением протеза вертлужной впадины и точным повторным осмотром во время операции после переустановки. Кроме того, робот-ассистент МАКО позволяет более точно разместить протез в безопасной зоне, чем при использовании традиционных хирургических методик, тем самым контролируя разницу в длине нижних конечностей пациента в меньшем диапазоне, обеспечивая хорошее субъективное самочувствие пациента после операции.

Способность собирать и анализировать интраоперационные данные путем применения роботизированных методик дает информацию, которая может помочь в принятии хирургических решений и улучшении результатов. Датчики в роботизированных системах могут измерять силы, прикладываемые во время операции, помогая оптимально размещать ортопедические приспособления. Кроме того, программное обеспечение для предоперационного планирования, интегрированное с роботизированными системами, позволяет создавать

подробную хирургическую стратегию на основе визуализации пациента, что приводит к более предсказуемым результатам хирургического вмешательства.

Таким образом, робот-ассистированные методы, используемые при эндопротезировании тазобедренного сустава, позволяют достичь более точных, воспроизводимых результатов для пациентов, что определяет целесообразность затрат, экономических и временных, на закупку роботизированного оборудования и обучение специалистов работе на нем. При этом дальнейшие исследования и разработки по роботизации эндопротезирования тазобедренного сустава включают следующие направления:

- снижение стоимости роботизированных систем путем совершенствования существующих и разработки новых, экономически более выгодных для их приобретения и обслуживания;

- более расширенные возможности (ревизии, а также операции на других отделах конечности);

- разработки по устранению возможных ошибок в работе роботизированных систем;

- активное внедрение робот-ассистированных технологий при эндопротезировании, особенно в медицинских организациях с большим количеством операций в год, с целью интенсификации лечебной деятельности, повышения интраоперационных и послеоперационных результатов лечения и снижений возможных неблагоприятных последствий;

- оптимизация хирургической техники при тотальном эндопротезировании тазобедренного сустава с участием робот-ассистированных систем;

- накопление клинических данных о применении и результатах (в том числе долговременных) использования роботизированных систем в эндопротезировании с целью выявления перспектив совершенствования и устранения возможных недостатков.

## ВЫВОДЫ

1. Методика раТЭТС, примененная у пациентов с дисплазией тазобедренного сустава, позволила избежать дополнительных манипуляций при обработке вертлужной впадины, тогда как при использовании мануальной техники такие манипуляции потребовались в 7,7% случаев.

2. Применение раТЭТС позволило в среднем сократить объем интраоперационной кровопотери на 11% и время операции на 25%, избежать случаев послеоперационной дислокации чашки эндопротеза и добиться идеально точного ее позиционирования в вертикальной плоскости чаще в 3,7 раза, а в горизонтальной плоскости – в 1,7 раза.

3. Использование роботической системы МАКО при выполнении раТЭТС у пациентов с дисплазией тазобедренного сустава позволило повысить точность выравнивания длины конечности в 1,8 раза при сходных результатах восстановления амплитуды движений в оперированном суставе.

4. Преимущество раТЭТС в лечении пациентов с дисплазией тазобедренного сустава выражается в более быстром снижении болевого синдрома в раннем послеоперационном периоде, а через 12 месяцев – лучшими средними значениями показателей функции тазобедренного сустава по NRS (на 6,0 балла), по OHS (на 10,9 балла), и качества жизни по SF-36 на 8,4–8,6 балла.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для выполнения раТЭТС пациентам с дисплазией тазобедренного сустава целесообразно использовать роботическую систему, позволяющую корректировать предоперационный план непосредственно в операционной.

2. Технически выполнение робот-ассистированной операции ТЭТС при дисплазии тазобедренного сустава не имеет отличий от стандартной процедуры; особенности диспластических изменений необходимо учитывать на стадии предоперационного планирования.

3. При выполнении раТЭТС после осуществления хирургического доступа перед началом работы робота необходимо визуально оценить анатомические особенности тазобедренного сустава и адекватность предоперационного плана, который при необходимости может быть скорректирован непосредственно в операционной.

4. Доказанная эффективность применения роботической системы при эндопротезировании диспластически измененных тазобедренных суставах позволяет расширить показания к высокотехнологичным и высокоточным операциям у данного контингента пациентов.

**СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ**

**ВАШ** – визуально-аналоговая шкала

**ДОА** – диспластический остеоартроз

**ДТС** – дисплазия тазобедренного сустава

**ИМТ** – индекс массы тела

**КТ** – компьютерная томография

**ммТЭТС** – мануальные методы тотального эндопротезирования тазобедренного сустава

**ОЭКС** – одномышцелковое эндопротезирование коленного сустава

**раТЭТС** – робот-ассистированное тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава

**ТБС** – тазобедренный сустав

**ТЭКС** – тотальное эндопротезирование коленного сустава

**ТЭТС** – тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава

**ДАА** – прямой передний доступ (direct anterior approach)

**ERAS** – улучшенное восстановление после операции (Enhanced recovery after surgery)

**FJS-12** – шкала оценки забытых суставов (Forgotten Joint Score-12)

**FPP** – функциональная плоскость таза (functional pelvic plane)

**HHS** – шкала Харриса (Harris Hip Score)

**OHS** – Оксфордский опросник по тазобедренному суставу (Oxford Hip Score)

**PSI** – персонализированный хирургический инструмент (Patient Specific Instrumentation)

**SF-36** – опросник качества жизни Short Form-36

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Адаптационные возможности иммунной системы у пациентов с коксартрозом после эндопротезирования тазобедренного сустава / Л. А. Дмитриева, Ю. И. Пивоваров, В. Ф. Лебедев, М. Л. Арсентьева // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2019. – № 8. – С. 54–59.
2. Апросимова, С. И. Оценка качества жизни у детей с воронкообразной деформацией грудной клетки до и после оперативного лечения / С. И. Апросимова, И. В. Киргизов, В. А. Дударев // Кремлевская медицина. Клинический вестник. – 2016. – № 3. – С. 44-48.
3. Арсланов, Т. М. Оптимизация ортопедической помощи при эндопротезировании тазобедренного сустава пациентам с диспластическим коксартрозом / Т. М. Арсланов, Е. С. Утеулиев – Текст: непосредственный // Инновационные подходы в современной науке : материалы XLIII международной научно-практической конференции. – Москва: Интернаука, 2019. – С. 23–26.
4. Афифи, М. М. М. Современные методы лечения асептического некроза головки бедренной кости / М. М. М. Афифи // Молодой учёный. – 2024. – Т. 22. – № 521. – С. 155–159.
5. Батыгин, Г. Г. Регистры по эндопротезированию тазобедренных суставов и потребность пациентов в эндопротезировании тазобедренных суставов / Г. Г. Батыгин, И. А. Редько // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2016. – № Спецвыпуск. – С. 73–74.
6. Бондаренко, С. Е. Лабораторные маркеры оценки состояния пациентов с посттравматическим коксартрозом при подготовке к эндопротезированию тазобедренного сустава / С. Е. Бондаренко, В. А. Филиппенко, Ф. С. Леонтьева // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2016. – № 3 (604). – С. 73–77.
7. Буряченко, Б. П. Особенности эндопротезирования при тяжелых поражениях тазобедренных суставов в многопрофильном военном госпитале : специальность 14.00.27 «Хирургия» : диссертация ... кандидата медицинских наук

/ Буряченко Борис Павлович; Государственный институт усовершенствования врачей. – Москва, 2005. – 139 с.

8. Ведение больных с диспластическим коксартрозом после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава / Д. А. Марков, К. П. Зверева, Н. Н. Павленко, А. Е. Бычков – Текст: непосредственный // Организационные и клинические вопросы оказания помощи больным в травматологии и ортопедии : материалы XII межрегиональной научно-практической конференции. – Воронеж: Научная книга, 2016. – С. 66–67.

9. Возможности лечения асептического некроза головки бедренной кости / Д. А. Качанов, С. А. Усов, И. М. Вострилов [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. – 2019. – № 12-2 (90). – С. 201–203.

10. Возможности применения робот-ассистированных методов при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава / Г. Дгебуадзе, А. А. Шумский, С. В. Крылов, А. М. Мацакян // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2024. – Т. 23. - № 3. – С. 149-154.

11. Возможности робот-ассистированного эндопротезирования тазобедренного сустава при дисплазии / Г. Дгебуадзе, А. А. Грицюк, А. А. Шумский, А. М. Мацакян // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2025. – № 3(61). – С. 7–14.

12. Волохова, В. Н. Лечение пациентов с коксартрозом до и после эндопротезирования сустава / В. Н. Волохова // Opinion Leader. – 2017. – № 5 (7). – С. 78–80.

13. Гавловский, М. Я. Оптимизация тотального эндопротезирования коленного сустава с использованием роботических систем : специальность 3.1.8. «Травматология и ортопедия» : диссертация ... кандидата медицинских наук / Гавловский Максим Ярославович ; Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет). – Москва, 2025. – 152 с.

14. Ганюшкин, Н. М. Редкий случай нестабильности тазобедренного сустава после эндопротезирования, самостоятельно разрешившийся, у мужчины 53

лет / Н. М. Ганюшкин. – Текст: непосредственный // Медицинские этюды : материалы научной сессии молодых учёных и студентов. – Москва, 2018. – С. 393–394.

15. Гасымов, А. Ш. оглы. Дренирование раны после эндопротезирования тазобедренного сустава : специальность 14.01.15 «Травматология и ортопедия» : диссертация ... кандидата медицинских наук / Гасымов Азер Шахлар оглы; ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет). – Москва, 2019. – 114 с.

16. Гафаров, Х. З. Лечение детей и подростков с ортопедическими заболеваниями нижних конечностей : руководство для врачей / Х. З. Гафаров ; – Казань: Татарское книжное издательство, 2006. – 384 с.: ил.; ISBN 978-5-2980-0526-8. – Текст : непосредственный.

17. Гнетецкий, С. Ф. Эндопротезирование тазобедренного сустава у гериатрических пациентов с переломами шейки бедренной кости и остеоартритом тазобедренного сустава / С. Ф. Гнетецкий, В. В. Гурьев. – Текст : непосредственный // Пироговский форум травматологов-ортопедов : Материалы. – Москва: Медфорум, 2019. – С. 105-106.

18. Грицюк, А. А. Персонализированный подход к роботизированному тотальному эндопротезированию коленного сустава : специальность 3.1.8. «Травматология и ортопедия» : диссертация ... кандидата медицинских наук / Грицюк Андрей Андреевич ; ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет). – Москва, 2025. – 157 с.

19. Давыдов, Д. В. Лечение и профилактика несостоятельности эндопротезирования тазобедренного сустава : специальность 14.01.17 «Хирургия» : диссертация ... доктора медицинских наук / Давыдов Денис Владимирович; Государственный институт усовершенствования врачей Минобороны РФ. – Москва, 2010. – 239 с.

20. Двустороннее тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава при вторичном протрузионном коксите (клинический случай) / Д. В. Волченко, И. Ф. Ахтямов, А. Ю. Терсков [и др.] // Медицинский алфавит. – 2020. – № 15. – С. 29-32.
21. Дегтярь, А. В. Рациональный выбор антисептиков местного действия при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава / А. В. Дегтярь // Вестник проблем биологии и медицины. – 2016. – Т. 2. – № 4 (134). – С. 61–64.
22. Ивашкин, А. Н. Метод двойной мобильности в сложных случаях при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава / А. Н. Ивашкин. – Текст: непосредственный // Травма 2017: мультидисциплинарный подход : материалы международной конференции – Воронеж: Научная книга, 2017. – С. 156-157.
23. Казарян, Г. М. Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава при диспластическом коксартрозе при помощи компьютерной навигации : специальность 14.01.15 «Травматология и ортопедия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Казарян Гагик Мушегович; ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский университет). – Москва, 2015. – 23 с.
24. Колесник, А. И. Экспериментальное обоснование влияния наружной ротационной контрактуры тазобедренного сустава на износ полиэтилена после эндопротезирования больных коксартрозом / А. И. Колесник, Е. Б. Фролов. – Текст : непосредственный // Медицинские импланты : материалы международной научно-практической конференции. – Курск: МедТестИнфо, 2016. – С. 66.
25. Колонтарев, К. Б. История развития роботических технологий в медицине / К. Б. Колонтарев, Д. Ю. Пушкарь, А. В. Говоров, С. А. Шептунов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2014. – № 4 (32). – С. 125-140.
26. Комаров, Р. Н. Исследование эффективности применения спейсера тазобедренного сустава в лечении инфекционных осложнений после эндопротезирования тазобедренного сустава / Р. Н. Комаров, В. Н. Митрофанов. – Текст : непосредственный // Год здравоохранения: перспективы развития отрасли :

материалы 51-й межрегион. научно-практической медицинской конференции. – Нижний Новгород: Артишок, 2016. – С. 469-471.

27. Конева, Е. С. Дифференцированные аппаратные программы восстановления стереотипа ходьбы пациентов после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава с учётом персонифицированных характеристик пациентов / Е. С. Конева // Вестник восстановительной медицины. – 2016. – № 5 (75). – С. 64–73.

28. Конева, Е. С. Комплексные дифференцированные программы реабилитации пациентов в раннем восстановительном периоде после операции тотального эндопротезирования тазобедренного сустава : специальность 14.03.11. «Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора медицинских наук / Конева Елизавета Сергеевна ; ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. – Москва, 2017. – 32 с.

29. Корытин, В. С. Лечение пациентов с отдаленными последствиями огнестрельных и других. тяжелых травм голени : специальность 3.1.8. «Травматология и ортопедия» : диссертация ... кандидата медицинских наук / Корытин Вадим Сергеевич; Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет). – Москва, 2025. – 207 с.

30. Кривая обучаемости робот-ассистированного эндопротезирования тазобедренного сустава при дисплазии / Г. Дгебуадзе, А. А. Грищук, А. А. Шумский, А. М. Мацакян // Современные проблемы науки и образования. – 2025. – № 4. – С. 20.

31. Крылов, С. В. Использование блокады мышцы, выпрямляющей позвоночник, при операции тотального эндопротезирования тазобедренного сустава: клинический случай / С. В. Крылов, И. Н. Пасечник // Кремлёвская медицина. Клинический вестник. – 2021. – № 1. – С. 116–119.

32. Леонова, С. Н. Использование боковых доступов к тазобедренному суставу при эндопротезировании / С. Н. Леонова, А. Н. Грищук // Современные

проблемы науки и образования. – 2018. – № 2. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27503>.

33. Лечение асептического некроза головки бедренной кости : клин. рекомендации / А. Н. Торгашин, С. С. Родионова, А. А. Шумский [и др.] // Научно-практическая ревматология. – 2020. – № 58 (6). – С. 637–645.

34. Лоскутов, А. Е. Двустороннее эндопротезирование тазобедренных суставов при диспластическом коксартрозе у пациентов с остеопенией и остеопорозом / А. Е. Лоскутов, О. А. Лоскутов, Д. А. Синегубов // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2018. – № 4 (613). – С. 58–63.

35. Лоскутов, О. А. Некоторые биомеханические особенности медиализации запрессовываемой и ввинчиваемой чашек при эндопротезировании тазобедренного сустава у больных диспластическим коксартрозом / О. А. Лоскутов // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2017. – № 3 (608). – С. 26–31.

36. Максимов, Б. И. Возможности эндопротезирования при двустороннем поражении тазобедренных суставов в условиях специализированного стационара : специальность 14.01.15 «Травматология и ортопедия» : диссертация ... кандидата медицинских наук / Максимов Борис Игоревич; Московский областной научно-исследовательский клинический институт. – Москва, 2011. – 147 с.

37. Межов, А. Н. Современные органосохраняющие методы лечения асептического некроза головки бедренной кости / А. Н. Межов, В. Ф. Казаков, С. Н. Колбахова // Вестник новых медицинских технологий. – 2020. – № 27 (4). – С. 69–74.

38. Методики хирургического лечения повреждений средней ягодичной мышцы при тотальном эндопротезировании тазобедренного сустава / А. Д. Синеокий, Д. Г. Плиев, А. Б. Аболин [и др.] // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. – 2019. – № 7. – С. 96–104.

39. Назаров, Е. А. Случай тяжелого позднего осложнения после эндопротезирования тазобедренного сустава / Е. А. Назаров, И. А. Фокин, А. В. Селезнев. – Текст : непосредственный // Организационные и клинические вопросы оказания помощи больным в травматологии и ортопедии : материалы XIV

межрегиональной научно-практической конференции – Воронеж: Научная книга, 2018. – С. 91–93.

40. Новикова, С. Л. Легкость движения. Реабилитация после эндопротезирования коленного и тазобедренного суставов по запатентованной методике / С. Л. Новикова ; – Москва : КомандАрт, 2009. – 120 с. : ил.; ISBN 978-5-903557-08-0. – Текст : непосредственный.

41. Особенности лечения асептического некроза таранной кости. Проект клинических рекомендаций / А. Н. Торгашин, А. К. Мурсалов, С. С. Родионова, Н. В. Загородний // Гений ортопедии. – 2021. – № 27 (2). – С. 153–162.

42. Оценка влияния перикапсулярной блокады группы нервов на уровень болевого синдрома и активность пациентов после эндопротезирования тазобедренного сустава / С. В. Крылов, И. Н. Пасечник, А. К. Орлецкий, А. А. Шумский, Г. Дгебуадзе [и др.] // Кремлевская медицина. Клинический вестник. 2023. – № 3. – С. 13-17.

43. Оценка эффективности эндопротезирования тазобедренного сустава у больных коксартрозом в зависимости от степени минеральной плотности костей / Н. В. Ступина, У. М. Рустамова, С. М. Салиев, Н. И. Салиева // Журнал теоретической и клинической медицины. – 2014. – № 4. – С. 76–78.

44. Папаценко, И. А. Хирургическое лечение патологии тазобедренного сустава у гериатрических больных : специальность 14.01.17 «Хирургия» : диссертация ... кандидата медицинских наук / Папаценко Игорь Александрович; ФГУ «Национальный медико-хирургический центр». – Москва, 2011. – 89 с.

45. Персонафицированный подход к назначению аппаратных методик восстановления стереотипа ходьбы у пациентов после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава / Е. С. Конева, К. В. Лядов, Т. В. Шаповаленко [и др.] // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2018. – Т. 95. – № 1. – С. 26–34.

46. Петров, П. И. Тактика эндопротезирования тазобедренного сустава с сопутствующим синдромом межпозвонковых суставов поясничного отдела позвоночника : специальность 14.01.15 «Травматология и ортопедия» :

диссертация ... кандидата медицинских наук / Петров Павел Игоревич; ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет). – Москва, 2018. – 180 с.

47. Применение робот-ассистированных методов при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава / Г. Дгебуадзе, А. А. Шумский, С. В. Крылов, А. К. Орлецкий // Кремлевская медицина. Клинический вестник. 2024. – № 2. – С. 88-92.

48. Проблемы диагностики и лечения асептического некроза головки бедренной кости в современной травматологии и ортопедии (обзор литературы) / Д. И. Одарченко, Г. Г. Дзюба, С. А. Ерофеев, Н. К. Кузнецов // Гений ортопедии. – 2021. – № 27 (2). – С. 270-276.

49. Ранние результаты эндопротезирования тазобедренного сустава с применением индивидуальных аугментов при диспластическом коксартрозе / Я. А. Рукин, А. В. Лычагин, В. Ю. Мурылев [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2020. – Т. 26. – № 2. – С. 50–59.

50. Реабилитация больных с диспластическим коксартрозом после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава / К. П. Зверева, Д. А. Марков, Н. Н. Павленко, А. Е. Бычков. – Текст : непосредственный // Организационные и клинические вопросы оказания помощи больным в травматологии и ортопедии : материалы XII межрегиональной научно-практической конференции. – Воронеж: Научная книга, 2016. – С. 33-34.

51. Результат первичного эндопротезирования тазобедренного сустава в сочетании с нестабильным чрезвертельным переломом бедренной кости (клинический случай) / З. Д. Менькин, С. С. Билык, А. Н. Коваленко [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – № 2. – С. 166.

52. Реконструктивное эндопротезирование тазобедренного сустава при коксартрозе с деформациями бедренной кости / Д. П. Малиновская, А. Е. Баклагин, М. В. Забалуев [и др.] // Forcipe. – 2019. – Т. 2. – № S1. – С. 946.

53. Рукин, Я. А. Ревизионное эндопротезирование коленного сустава : специальность 3.1.8. «Травматология и ортопедия» : диссертация ... доктора медицинских наук / Рукин Ярослав Алексеевич; Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет). – Москва, 2023. – 267 с.

54. Темесов, С. А. Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава полноразмерными компонентами при коксартрозе 3–4 стадии : специальность 14.01.15 «Травматология и ортопедия» : диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Темесов Сармат Алимбекович ; ГОУВПО «Российский государственный медицинский университет». – Москва, 2013. – 99 с.

55. Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава при мелореостозе (случай из практики) / В. В. Кузин, К. А. Егиазарян, А. П. Ракша [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2019. – Т. 25. – № 3. – С. 135-142.

56. Транслокация клостридиальной инфекции как осложнение эндопротезирования тазобедренного сустава в раннем послеоперационном периоде: клинический случай / В. В. Павлов, Т. У. Шералиев, С. И. Кирилина, С. О. Кретьен // Травматология и ортопедия России. – 2020. – Т. 26. – № 4. – С. 121-129.

57. Физиотерапевтическое обеспечение пациентов с диспластическим коксартрозом после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава / О. Н. Ямщиков, Н. И. Воронин, Д. А. Марков, К. П. Зверева // Медицина и физическая культура: наука и практика. – 2020. – Т. 2. – № 3 (7). – С. 7-16.

58. Фозилов, Д. Т. Хирургическое лечение подростков и молодых взрослых с диспластическим и вторичным коксартрозом : специальность 3.1.8. «Травматология и ортопедия» : диссертация ... кандидата медицинских наук / Фозилов Джонибек Турдиевич; ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г. А. Илизарова» Министерства здравоохранения Российской Федерации. – Курган, 2025. – 185 с.

59. Функциональные результаты первичного одностороннего эндопротезирования тазобедренного сустава при коксартрозе / Д. В. Мартыненко, В. П. Волошин, К. В. Шевырев [и др.] // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2020. – № 3 (41). – С. 46-51.

60. Хамраев, А. Ш. Оптимизация тотального эндопротезирования тазобедренного сустава при диспластическом коксартрозе / А. Ш. Хамраев, Б. Э. Тугузов, Ш. Ш. Ахмедов // Врач скорой помощи. – 2020. – № 8. – С. 60-71.

61. Чегуров, О. К. Варианты эндопротезирования тазобедренного сустава у больных коксартрозом с деформацией бедренной кости / О. К. Чегуров, Е. Н. Щурова, А. С. Тряпичников // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. – 2014. – № 3-2. – С. 185-186.

62. Эндопротезирование тазобедренного сустава в сложных случаях / Н. А. Шестерня, А. Ф. Лазарев, С. В. Иванников [и др.] // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2016. – № 1 (17). – С. 30-35.

63. Эндопротезирование тазобедренного сустава с использованием роботизированной системы / О. В. Пиманчев, Ю. В. Ряполов, Р. П. Небелас [и др.] // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. – 2022. – Т. 17. – № 2. – С. 125-128.

64. Эффективность блокады подвздошной фасции при тотальном эндопротезировании тазобедренного сустава / С. В. Крылов, И. Н. Пасечник, С. С. Гужев, А. А. Шумский, Г. Дгебуадзе [и др.] // Медицинский алфавит. – 2023. – № 6. – С. 57-61.

65. A 2021 review on recent advancements in robotic-assisted minimally invasive surgery: the Philippines perspective / D. N. Marie, V. D. G. Balcita, T. P. P. Goy [et al.] // 2021 IEEE 13th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM). – 2021. – С. 1–5.

66. A clinical practice guideline for physical therapy in patients with hip or knee osteoarthritis / M. C. M. van Doormaal, G. A. Meerhoff, T. P. M. Vliet Vlieland, W. F. Peter // Musculoskeletal Care. – 2020. – Vol. 18. – № 4. – P. 575-595.

67. A propensity score-matched comparison between Mako robotic arm-assisted system and conventional technique in total hip arthroplasty for patients with osteoarthritis secondary to developmental dysplasia of the hip / K. Sato, A. Sato, N. Okuda [et al.] // Arch Orthop Trauma Surg. – 2023. – Vol. 143. – № 5. – P. 2755-2761.

68. A prospective randomized controlled trial comparing the systemic inflammatory response in conventional jig-based total knee arthroplasty versus robotic-arm assisted total knee arthroplasty / B. Kayani, J. Tahmassebi, A. Ayuob [et al.] // Bone Joint J. – 2021. – Vol. 103-B. – № 1. – P. 113-122.

69. A reduction technique of arthroplasty without subtrochanteric femoral shortening osteotomy for the treatment of developmental high dislocation of hip: a case series of 28 hips / F. Yan, G. Chen, L. Yang [et al.] // J Arthroplasty. – 2014. – Vol. 29. – P. 2289-2293.

70. A retrospective study comparing a single surgeon's experience on manual versus robot-assisted total hip arthroplasty after the learning curve of the latter procedure-A cohort study / X. Kong, M. Yang, S. Jerabek [et al.] // Int J Surg. – 2020. – Vol. 77. – P. 174-180.

71. A robot with improved absolute positioning accuracy for CT guided stereotactic brain surgery / Y. S. Kwok, J. Hou, E. A. Jonckheere, S. Hayati // IEEE Trans Biomed Eng. – 1988. – Vol. 35. – № 2. – P. 153-160.

72. A systematic review and meta-analysis of fall incidence and risk factors in elderly patients after total joint arthroplasty / Y. Liu, Y. Yang, H. Liu [et al.] // Medicine (Baltimore). – 2020. – Vol. 99. – № 50. – P. e23664.

73. Accuracy of component positioning in 1980 total hip arthroplasties: A comparative analysis by surgical technique and mode of guidance / B. G. Domb, J. M. Redmond, S. S. Louis [et al.] // J Arthroplasty. – 2015. – Vol. 30. – № 12. – P. 2208-2218.

74. Activity Recommendations After Total Hip and Total Knee Arthroplasty / L. M. Fortier, Z. A. Rockov, A. F. Chen, S. S. Rajaei // J Bone Joint Surg Am. – 2021. – Vol. 103. – № 5. – P. 446-455.

75. Anterior and anterolateral approaches for THA are associated with lower dislocation risk without higher revision risk / D. Sheth, G. Cafri, M. C. S. Inacio [et al.] // *Clin Orthop Relat Res.* – 2015. – Vol. 473. – P. 3401-3408.

76. Application of Mako robotassisted total hip arthroplasty in developmental dysplasia of the hip / G. Xu, M. Ma, S. Zhang [et al.] // *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* – 2021. – Vol. 35. – № 10. – P. 1233-1239.

77. Are roboticassisted and computernavigated total hip arthroplasty associated with superior outcomes in patients who have hip dysplasia / C. J. Hecht 2nd, V. J. Nedder, J. R. Porto [et al.] // *J Orthop.* – 2024. – Vol. 53. – P. 125-132.

78. Assisted Total Hip Arthroplasty in Patients Who Have Developmental Hip Dysplasia / M. Hepinstall, F. Mota, B. Naylor [et al.] // *Surg Technol Int.* – 2021. – Vol. 39. – P. 338-347.

79. Atik, O. Ş. Every new technique either conservative or surgical is good / O. Ş. Atik // *Eklemler Hastalıkları Cerrahisi.* – 2019. – Vol. 30. – P. 183-184.

80. Automated detection and classification of the proximal humerus fracture by using deep learning algorithm / S. W. Chung, S. S. Han, J. W. Lee [et al.] // *Acta Orthop.* – 2018. – Vol. 89. – P. 468-473.

81. Auxiliary diagnosis of developmental dysplasia of the hip by automated detection of Sharp's angle on standardized anteroposterior pelvic radiographs / Q. Li, L. Zhong, H. Huang [et al.] // *Medicine (Baltimore).* – 2019. – Vol. 98. – P. e18500.

82. Beal, M. D. Erratum to: Improving outcomes in total knee arthroplasty – do navigation or customized implants have a role? / M. D. Beal, D. Delagrammaticas, D. Fitz // *J Orthop Surg Res.* – 2016. – Vol. 11. – № 1. – P. 114.

83. Better reporting of interventions: template for intervention description and replication (TIDieR) checklist and guide / T. C. Hoffmann, P. P. Glasziou, I. Boutron [et al.] // *BMJ.* – 2014. – Vol. 348. – P. g1687.

84. Beyaz, S. A brief history of artificial intelligence and robotic surgery in orthopedics & traumatology and future expectations / S. Beyaz // *Jt Dis Relat Surg.* – 2020. – Vol. 31. – № 3. – P. 653-655.

85. Beyaz, S. Femoral neck fracture detection in Xray images using deep learning and genetic algorithm approaches / S. Beyaz, K. Açııcı, E. Sümer // *Jt Dis Relat Surg.* – 2020. – Vol. 31. – P. 175-183.
86. Borderline Dysplastic Hips Undergoing Hip Arthroscopy Achieve Equivalent Patient Reported Outcomes When Compared With Hips With Normal Acetabular Coverage: A Systematic Review and MetaAnalysis / L. M. Krivicich, M. Rice, L. Sivasundaram, S. J. Nho // *J Am Acad Orthop Surg.* – 2023. – Vol. 31. – № 6. – P. e336–e346.
87. Can robotassisted total knee arthroplasty be a costeffective procedure? A Markov decision analysis / H. Vermue, P. Tack, T. Gryson [et al.] // *Knee.* – 2021. – Vol. 29. – P. 345-352.
88. Can robotassisted unicompartmental knee arthroplasty be costeffective? A Markov decision analysis / W. E. Moschetti, J. F. Konopka, H. E. Rubash [et al.] // *J Arthroplasty.* – 2016. – Vol. 31. – № 4. – P. 759-765.
89. Challenges in total hip arthroplasty in the setting of developmental dysplasia of the hip / E. M. Greber, C. E. Pelt, J. M. Gililand [et al.] // *J Arthroplasty.* – 2017. – Vol. 32. – P. S38–S44.
90. Christensen, C. P. Comparison of patient function during the first six weeks after direct anterior or posterior total hip arthroplasty (THA): a randomized study / C. P. Christensen, C. A. Jacobs // *J Arthroplasty.* – 2015. – Vol. 30. – P. 94-97.
91. Clinical and radiological outcomes in roboticassisted total knee arthroplasty: A systematic review and metaanalysis / N. Agarwal, K. To, S. McDonnell [et al.] // *J Arthroplasty.* – 2020. – Vol. 35. – № 11. – P. 3393-3409.
92. Combined anteversion technique in total hip arthroplasty for Crowe IV developmental dysplasia of the hip / B. Zhu, C. Su, Y. He [et al.] // *Hip Int.* – 2017. – Vol. 27. – C. 589-594.
93. Comparison of outcome measures and complication rates following three different approaches for primary total hip arthroplasty: a pragmatic randomised controlled trial / A. C. Talia, C. Coetzee, O. Tirosh, P. Tran // *Trials.* – 2018. – Vol. 19. – № 1. – C. 13.

94. Comparison of robotic versus human laparoscopic camera control / L. R. Kavoussi, R. G. Moore, J. B. Adams, A. W. Partin // *J Urol.* – 1995. – Vol. 154. – № 6. – C. 2134-2136.
95. Comparison of the accuracy of the cup position and orientation in total hip arthroplasty for osteoarthritis secondary to developmental dysplasia of the hip between the Mako robotic arm-assisted system and computed tomography-based navigation / W. Ando, M. Takao, H. Hamada [et al.] // *Int Orthop.* – 2021. – Vol. 45. – № 7. – P. 1719-1725.
96. Computer assisted orthopaedic surgery: Past, present and future / F. Picard, A. H. Deakin, P. E. Riches [et al.] // *Med Eng Phys.* – 2019. – Vol. 72. – P. 55-65.
97. Cook, R. A traditional hip implant is as effective as newer types for people over 65 / R. Cook, T. Lamont, R. Martin // *BMJ.* – 2019. – Vol. 366. – P. 14230.
98. Coryell, P. R. Mechanisms and therapeutic implications of cellular senescence in osteoarthritis / P. R. Coryell, B. O. Diekmann, R. F. Loeser // *Nat. Rev. Rheumatol.* – 2021. – Vol. 17. – P. 47-57.
99. Cost-effectiveness of telerehabilitation versus traditional care after total hip replacement: A trial-based economic evaluation / M. Nelson, T. Russell, K. Crossley [et al.] // *J Telemed Telecare.* – 2021. – Vol. 27. – № 6. – P. 359-366.
100. Crompton, J. Do hip precautions after posterior-approach total hiparthroplasty affect dislocation rates? A systematic review of 7 studies with 6,900 patients / J. Crompton, L. Osagie-Clouard, A. Patel // *Acta Orthop.* – 2020. – Vol. 91. – № 6. – P. 687-692.
101. Current topics in robotic-assisted total hip arthroplasty: a review / I. Perets, B. H. Mu, M. A. Mont [et al.] // *Hip Int.* – 2020. – Vol. 30. – № 2. – P. 118-124.
102. Davies, B. Robotic surgery - a personal view of the past, present and future / B. Davies // *Int J Adv Robot Syst.* – 2015. – Vol. 12. – P. 54.
103. Deep learning and SURF for automated classification and detection of calcaneus fractures in CT images / Y. D. Pranata, K. C. Wang, J. C. Wang [et al.] // *Comput Meth Prog Bio.* – 2019. – Vol. 171. – P. 27-37.

104. Detecting total hip replacement prosthesis design on plain radiographs using deep convolutional neural network / A. Borjali, A. F. Chen, O. K. Muratoglu [et al.] // *J Orthop Res.* – 2020. – Vol. 38. – P. 1465-1471.

105. Development of a surgical robot for cementless total hip arthroplasty / H. A. Paul, W. L. Bargar, B. Mittlestadt [et al.] // *Clin Orthop Relat Res.* – 1992. – Vol. 285. – C. 57-66.

106. Developmental dysplasia of the hip: Beyond the screening. Physical exam is our pending subject / C. E. García, L. B. Carnicero, S. I. M. Urueña [et al.] // *An Pediatr (Engl Ed).* – 2021. – Vol. 95. – № 4. – P. 240-245.

107. Diffusion of technology: Trends in roboticassisted colorectal surgery / A. Damle, R. N. Damle, J. M. Flahive [et al.] // *Am J Surg.* – 2017. – Vol. 214. – № 5. – P. 820-824.

108. Digitalization and artificial intelligence in orthopedics and traumatology / K. Harren, F. Dittrich, F. Reinecke, M. Jäger // *Orthopade.* – 2018. – Vol. 47. – № 12. – P. 1039-1054.

109. DiMaio, S. The da Vinci Surgical System / S. DiMaio, M. Hanuschik, U. Kreaden // *Surgical Robotics: Systems Applications and Visions.* – Boston, MA: Springer, 2011. – P. 199-217.

110. Does preoperative rehabilitation for patients planning to undergo joint replacement surgery improve outcomes: a systematic review and metaanalysis of randomised controlled trials / L. Wang, M. Lee, Z. Zhang [et al.] // *BMJ Open.* – 2016. – Vol. 6. – № 2. – P. e009857.

111. Does robotic assisted technology improve the accuracy of acetabular component positioning in patients with DDH? / Y. Zhou, H. Shao, Y. Huang [et al.] // *J Orthop Surg (Hong Kong).* – 2021. – Vol. 29. – № 2. – P. 23094990211025325.

112. Does Robotic Milling For Stem Implantation in Cementless THA Result in Improved Outcomes Scores or Survivorship Compared with Hand Rasping? Results of a Randomized Trial at 10 Years / N. Nakamura, N. Sugano, T. Sakai, I. Nakahara // *Clin Orthop Relat Res.* – 2018. – Vol. 476. – № 11. – P. 2169-2173.

113. Does roboticassisted computer navigation improve acetabular cup positioning in total hip arthroplasty for Crowe III/IV hip dysplasia? A propensity score casematch analysis / W. Chai, C. Xu, R. W. Guo [et al.] // *Int Orthop.* – 2022. – Vol. 46. – № 4. – P. 769-777.

114. Early postoperative clinical recovery of robotic armassisted vs. imagebased navigated Total hip Arthroplasty / N. Shibamura, K. Ishida, T. Matsumoto [et al.] // *BMC Musculoskelet Disord.* – 2021. – Vol. 22. – № 1. – P. 314.

115. Early Rehabilitation and Periprosthetic Bone Environment after Primary Total Hip Arthroplasty: A Randomized Controlled Trial / R. Su, W. Feng, X. Liu [et al.] // *Orthop Surg.* – 2021. – Vol. 13. – № 5. – P. 1521-1531.

116. Effectiveness of landbased physiotherapy exercise following hospital discharge following hip arthroplasty for osteoarthritis: an updated systematic review / C. J. Lowe, L. Davies, C. M. Sackley, K. L. Barker // *Physiotherapy.* – 2015. – Vol. 101. – № 3. – P. 252-265.

117. Effects of balance and proprioceptive training on total hip and knee replacement rehabilitation: A systematic review and metaanalysis / F. DomínguezNavarro, C. IgualCamacho, A. SilvestreMuñoz [et al.] // *Gait Posture.* – 2018. – Vol. 62. – P. 68-74.

118. Efficacy and potential determinants of exercise therapy in knee and hip osteoarthritis: A systematic review and metaanalysis / S. L. Goh, M. S. M. Persson, J. Stocks [et al.] // *Ann Phys Rehabil Med.* – 2019. – Vol. 62. – № 5. – P. 356-365.

119. Efficacy of total hip arthroplasty for the treatment of patients with femoral head avascular necrosis: A protocol for systematic review and metaanalysis / X. F. Qiao, Y. Xue, S. C. Liu, Q. H. Ji // *Medicine (Baltimore).* – 2020. – Vol. 99. – № 20. – P. e20259.

120. Enabling singlesite laparoscopy: the SPORT platform / B. Seeliger, M. Diana, J. P. Ruurda [et al.] // *Surg Endosc.* – 2019. – Vol. 33. – № 11. – P. 3696–3703.

121. Evaluation of Exercise Interventions and Outcomes After Hip Arthroplasty: A Systematic Review and Metaanalysis / T. Saueressig, P. J. Owen, J. Zebisch [et al.] // *JAMA Netw Open.* – 2021. – Vol. 4. – № 2. – P. e210254.

122. Exercise therapy in hip osteoarthritis – a randomized controlled trial / I. Krauß, B. Steinhilber, G. Haupt [et al.] // *Dtsch Arztebl Int.* – 2014. – Vol. 111. – № 35–36. – P. 592-599.
123. Experimental study of the installation acetabular component with uncoverage in arthroplasty patients with severe developmental hip dysplasia / R. Tikhilov, I. Shubnyakov, S. Burns [et al.] // *Int Orthop.* – 2016. – Vol. 40. – P. 1595-1599.
124. Factors associated with hospital stay length, discharge destination, and 30-day readmission rate after primary hip or knee arthroplasty: Retrospective Cohort Study / C. Roger, E. Debuyzer, M. Dehl [et al.] // *Orthop Traumatol Surg Res.* – 2019. – Vol. 105(5). – P. 949-955.
125. Fu, J. Digital orthopedics technology leads the new development direction of arthroplasty / J. Fu, M. Ni, J. Y. Chen // *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* – 2022. – Vol. 102(1). – P. 9-14.
126. Fu, J. Robot-assisted joint arthroplasty-An emerging technology of the present and the future / J. Fu, M. Ni, J. Chen // *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* – 2021. – Vol. 35(10). – P. 1217-1220.
127. Full robotic assistance for laparoscopic tubal anastomosis: a case report / T. Falcone, J. Goldberg, A. Garcia-Ruiz [et al.] // *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* – 1999. – Vol. 9(1). – P. 107-113.
128. Gala, L. Hip Dysplasia in the Young Adult / L. Gala, J. C. Clohisy, P. E. Beaulé // *J Bone Joint Surg Am.* – 2016. – Vol. 98(1). – P. 63-73.
129. Gordon, A. C. Achieving a balanced knee in robotic TKA / A. C. Gordon, M. A. Conditt, M. A. Verstraete // *Sensors (Basel).* – 2021. – Vol. 21(2). – P. 535.
130. Haniball, J. Robotic-Assisted Acetabular Cup Placement in Severe Intrapelvic Acetabular Protrusio: A Case Report / J. Haniball, L. B. Howe, Guoping KT // *JBJS Case Connect.* – 2020. – Vol. 10(4). – P. e20.00026.
131. Haptically guided robotic technology in total hip arthroplasty: a cadaveric investigation / D. H. Nawabi, M. A. Conditt, A. S. Ranawat [et al.] // *Proc Inst Mech Eng H.* – 2013. – Vol. 227(3). – P. 302-309.

132. Himpens, J. Surgery in space: the future of robotic telesurgery / J. Himpens // *Surg Endosc.* – 2012. – Vol. 26(1). – P. 286.
133. Hip dysplasia in the skeletally mature patient / R. Y. Goldstein, I. D. Kaye, J. Slover, D. Feldman // *Bull Hosp Jt Dis.* – 2014. – Vol. 72(1). – P. 28-42.
134. Robotic-assisted total hip arthroplasty: Outcomes at minimum two-year follow-up / R. L. Illgen, B. R. Bukowski, R. Abiola [et al.] // *Surg Technol Int.* – 2017. – Vol. 30. – P. 365-372.
135. Improved implant position and lower revision rate with robotic-assisted unicompartmental knee arthroplasty / C. Batailler, N. White, F. M. Ranaldi [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2019. – Vol. 27(4). – P. 1232-1240.
136. Improved mediolateral load distribution without adverse laxity pattern in robotassisted knee arthroplasty compared to a standard manual measured resection technique / W. Manning, M. Ghosh, I. Wilson [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2020. – Vol. 28. – № 9. – P. 2835-2845.
137. Improved performance of machine learning models in predicting length of stay, discharge disposition, and inpatient mortality after total knee arthroplasty using patientspecific variables / A. K. Zalikha, T. Court, F. Nham [et al.] // *Arthroplasty.* – 2023. – Vol. 5. – P. 31.
138. Intraoperative placement of total hip arthroplasty components with roboticarm assisted technology correlates with postoperative implant position: a CTbased study / S. R. Nodzo, C. C. Chang, K. M. Carroll [et al.] // *Bone Joint J.* – 2018. – Vol. 100B. – № 10. – P. 1303-1309.
139. Jacofsky, D. J. Robotics in arthroplasty: A comprehensive review / D. J. Jacofsky, M. Allen // *J Arthroplasty.* – 2016. – Vol. 31. – № 10. – P. 2353-2363.
140. Jeon, S. W. Robotassisted total knee arthroplasty does not improve longterm clinical and radiologic outcomes / S. W. Jeon, K. I. Kim, S. J. Song // *J Arthroplasty.* – 2019. – Vol. 34. – № 8. – P. 1656-1661.
141. Joshi, G. P. Postoperative pain management in the era of ERAS: an overview / G. P. Joshi, H. Kehlet // *Best Practice and Research Clinical Anaesthesiology.* – 2019. – Vol. 33. – P. 259-267.

142. Joskowicz, L. ComputerAided Orthopedic Surgery: Incremental Shift or Paradigm Change? / L. Joskowicz, E. J. Hazan // *Adv Exp Med Biol.* – 2018. – Vol. 1093. – P. 21-30.
143. Keating, T. C. Augmented Reality in Orthopedic Practice and Education / T. C. Keating, J. J. Jacobs // *Orthop Clin North Am.* – 2021. – Vol. 52. – № 1. – P. 15–26.
144. Kim, Y. H. Does roboticassisted TKA result in better outcome scores or longterm survivorship than conventional TKA? A randomized, controlled trial / Y. H. Kim, S. H. Yoon, J. W. Park // *Clin Orthop Relat Res.* – 2020. – Vol. 478. – № 2. – P. 266-275.
145. Krüger, P. C. Hip dysplasia / P. C. Krüger, A. Sachse, H. J. Mentzel // *Radiologie (Heidelb).* – 2023. – Vol. 63. – № 10. – P. 722-728.
146. Langer, S. Importance of HipSpine Syndrome in Hip Arthroplasty: Influence on the Outcome and Therapeutic Consequences / S. Langer, M. Stephan, R. von EisenhartRothe // *Z Orthop Unfall.* – 2021. – Vol. 161. – № 2. – P. 168-174.
147. Lee, K. Current state and future of joint replacements in the hip and knee / K. Lee, S. B. Goodman // *Expert Rev Med Devices.* – 2008. – Vol. 5. – № 3. – P. 383-393.
148. Li, J. Enhanced recovery after surgery (ERAS) pathway for primary hip and knee arthroplasty: study protocol for a randomized controlled trial / J. Li, H. Zhu, R. Liao // *Trials.* – 2019. – Vol. 20. – № 1. – P. 599.
149. Loeser, R. F. Ageing and the pathogenesis of osteoarthritis / R. F. Loeser, J. A. Collins, B. O. Diekman // *Nat. Rev. Rheumatol.* – 2016. – Vol. 12. – P. 412-420.
150. Longterm results of cementless total hip arthroplasty with subtrochanteric shortening osteotomy in Crowe type IV developmental dysplasia / D. Wang, L. L. Li, H. Y. Wang [et al.] // *J Arthroplasty.* – 2017. – Vol. 32. – P. 1211-1219.
151. MAKO robotassisted total hip arthroplasty: a comprehensive metaanalysis of efficacy and safety outcomes / R. LlombartBlanco, G. Mariscal, C. Barrios [et al.] // *J Orthop Surg Res.* – 2024. – Vol. 19. – № 1. – P. 698.

152. MAKO robotic assisted total hip replacement (THR) for patients with fused hips / X. Zhao, X. Z. Cai, W. Wang [et al.] // *Int J Med Robot.* – 2022. – Vol. 18. – № 3. – P. e2369.

153. Maza, G. Past, Present, and Future of Robotic Surgery / G. Maza, A. Sharma // *Otolaryngol Clin North Am.* – 2020. – Vol. 53. – № 6. – P. 935-941.

154. Midterm survivorship and patientreported outcomes of roboticarm assisted partial knee arthroplasty / J. A. Burger, L. J. Kleeblad, N. Laas, A. D. Pearle // *Bone Joint J.* – 2020. – Vol. 102B. – P. 108-116.

155. Minimal clinically important difference in roboticassisted total knee arthroplasty versus standard manual total knee arthroplasty / J. H. Shaw, K. G. LindsayRivera, P. J. Buckley [et al.] // *J Arthroplasty.* – 2021. – Vol. 36. – № 7S. – P. S233-S241.

156. Minimally Invasive Surgery in Orthopedics / K. H. Jahng, E. Kamara, M. S. Hepinstall [et al.] // Springer. – 2015. – P. 1-15.

157. Minimum 5year outcomes of roboticassisted primary total hip arthroplasty with a nested comparison against manual primary total hip arthroplasty: A propensity scorematched study / B. G. Domb, J. W. Chen, A. C. Lall [et al.] // *J Am Acad Orthop Surg.* – 2020. – Vol. 28. – № 20. – P. 847–856.

158. National Guideline Centre (UK) : official website. Evidence review for outpatient rehabilitation after shoulder replacement: replacement (primary): hip, knee and shoulder: Evidence review S. : Website. (NICE, 2020) [Electronic resource] – URL: <https://www.nice.org.uk/guidance/ng157/evidence/s-outpatient-rehabilitation-after-shoulder-replacement-pdf-315756469368> (дата обращения: 20.05.2025).

159. National Guideline Centre (UK) : official website. Evidence review for preoperative rehabilitation: replacement (primary): hip, knee and shoulder: Evidence review C. : Website. (NICE, 2020) [Electronic resource] – URL: <https://www.nice.org.uk/guidance/ng157/evidence/c-preoperative-rehabilitation-pdf-8771013040> (дата обращения: 20.05.2025).

160. National Institute for Health and Care Excellence. : official website. Joint replacement (primary): hip, knee and shoulder. : Website. (NICE, 2020) [Electronic

resource] – URL: <https://www.nice.org.uk/guidance/ng157> (дата обращения: 20.05.2025).

161. American Academy of Orthopaedic Surgeons : official website. Osteoarthritis of the hip: clinical practice guideline on the management of osteoarthritis of the hip. : Website. (AAOS, 2021) [Electronic resource] – URL: <https://www.aaos.org/quality/quality-programs/lower-extremity-programs/osteoarthritis-of-the-hip/> (дата обращения: 18.05.2025).

162. Osteoarthritis: pathogenic signaling pathways and therapeutic targets / Q. Yao, X. Wu, C. Tao [et al.] // *Signal Transduct Target Ther.* – 2023. – Vol. 8. – № 1. – P. 56.

163. Parekattil, S. J. Robotic instrumentation: evolution and microsurgical applications / S. J. Parekattil, M. E. Moran // *Indian J Urol.* – 2010. – Vol. 26. – № 3. – P. 395-403.

164. Parsley, B. S. Robotics in Orthopedics: A Brave New World / B. S. Parsley // *J Arthroplasty.* – 2018. – Vol. 33. – № 8. – P. 2355-2357.

165. Patientreported outcome is influenced by surgical approach in total hip replacement: a study of the Swedish Hip Arthroplasty Register including 42 233 patients / J. V. Lindgren, P. Wretenberg, J. Karrholm [et al.] // *Bone Joint J.* – 2014. – Vol. 96B. – P. 590-596.

166. Patientreported quality of life after primary major joint arthroplasty: a prospective comparison of hip and knee arthroplasty / Z. H. Dailiana, I. Papakostidou, S. Varitimidis [et al.] // *BMC Musculoskelet Disord.* – 2015. – Vol. 16. – P. 366.

167. Pennington, M. W. Lifetime cost effectiveness of different brands of prosthesis used for total hip arthroplasty: a study using the NJR dataset / M. W. Pennington, R. Grieve, J. H. van der Meulen // *Bone Joint J.* – 2015. – Vol. 97B. – P. 762-770.

168. Perioperative predictors of length of stay after total hip arthroplasty / S. Petis, J. Howard, B. Lanting [et al.] // *J Arthroplasty.* – 2016. – Vol. 31. – P. 1427-1430.

169. Perspectives of Canadian stakeholders on criteria for appropriateness for total joint arthroplasty in patients with hip and knee osteoarthritis / G. Hawker,

E. R. Bohm, B. ConnerSpady [et al.] // *Arthritis Rheumatol.* – 2015. – Vol. 67. – № 7. – P. 1806-1815.

170. Posterosuperior placement of a standardsized cup at the true acetabulum in acetabular reconstruction of developmental dysplasia of the hip with high dislocation / J. Xu, C. Xu, Y. Mao [et al.] // *J Arthroplasty.* – 2016. – Vol. 31. – P. 1233-1239.

171. Precision and accuracy of robotassisted technology with simplified express femoral workflow in measuring leg length and offset in total hip arthroplasty / A. Cozzi Lepri, M. Villano, M. Innocenti [et al.] // *Int J Med Robot.* – 2020. – Vol. 16. – № 5. – P. 1-6.

172. Preoperative planning for total hip arthroplasty for neglected developmental dysplasia of the hip / X. T. Shi, C. F. Li, C. M. Cheng [et al.] // *Orthop Surg.* – 2019. – Vol. 11. – P. 348-355.

173. Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030 / S. Kurtz, K. Ong, E. Lau [et al.] // *J Bone Joint Surg Am.* – 2007. – Vol. 89. – № 4. – P. 780-785.

174. Prospect guideline for total hip arthroplasty: a systematic review and procedurespecific postoperative pain management recommendations / M. Anger, T. Valovska, H. Beloeil [et al.] // *Anaesthesia.* – 2021. – Vol. 76. – № 8. – P. 1082-1097.

175. Radermacher, K. Computerassisted orthopedic surgery / K. Radermacher, M. Tingart // *Biomed Tech (Berl).* – 2012. – Vol. 57. – № 4. – P. 207.

176. RobotAssisted Total Hip Arthroplasty for Arthrodesed Hips / W. Chai, X. Kong, M. Yang [et al.] // *Ther Clin Risk Manag.* – 2020. – Vol. 16. – P. 357-368.

177. Robotassisted total hip arthroplasty: Clinical outcomes and complication rate / I. Perets, J. P. Walsh, M. R. Close [et al.] // *Int J Med Robot.* – 2018. – Vol. 14. – № 4. – P. e1912.

178. Robotic Assistance for Posterior Approach Total Hip Arthroplasty Is Associated With Lower Risk of Revision for Dislocation When Compared to Manual Techniques / I. Bendich, J. M. Vigdorichik, A. K. Sharma [et al.] // *J Arthroplasty.* – 2022. – Vol. 37. – № 6. – P. 1124-1129.

179. Robotic laparoendoscopic singlesite radical prostatectomy (RLESSRP) with daVinci SingleSite® platform. Concept and evolution of the technique following an IDEAL phase 1 / F. Gaboardi, G. Pini, N. Suardi [et al.] // *J Robot Surg.* – 2019. – Vol. 13. – № 2. – P. 215-226.

180. RoboticArm Assisted Direct Anterior Total Hip Arthroplasty; Improving Implant Accuracy / S. Xu, L. I. C. Bernardo, K. S. Andy, H. N. Pang // *Surg Technol Int.* – 2020. – Vol. 38. – P. 347-352.

181. Roboticarm assisted THA can achieve precise cup positioning in developmental dysplasia of the hip: a case control study / S. Hayashi, S. Hashimoto, Y. Kuroda [et al.] // *Bone Joint Res.* – 2021. – Vol. 10. – № 10. – P. 629-638.

182. Robotic-arm assisted total knee arthroplasty has a learning curve of seven cases for integration into the surgical workflow but no learning curve effect for accuracy of implant positioning / B. Kayani, S. Konan, S. S. Huq [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2019. – Vol. 27. – № 4. – P. 1132-1141.

183. Robotic-arm assisted total knee arthroplasty is associated with improved early functional recovery and reduced time to hospital discharge compared with conventional jig-based total knee arthroplasty: a prospective cohort study / B. Kayani, S. Konan, J. Tahmassebi [et al.] // *Bone Joint J.* – 2018. – Vol. 100-B. – № 7. – P. 930-937.

184. Robotic-assisted compared with conventional total hip arthroplasty: systematic review and meta-analysis / X. Chen, J. Xiong, P. Wang [et al.] // *Postgrad Med J.* – 2018. – Vol. 94. – № 1112. – P. 335-341.

185. Robotic-assisted single-port donor nephrectomy using the da Vinci single-site platform / J. C. LaMattina, J. Alvarez-Casas, I. Lu [et al.] // *J Surg Res.* – 2018. – Vol. 222. – P. 34-38.

186. Robotic-assisted surgery in medial unicompartmental knee arthroplasty: does it improve the precision of the surgery and its clinical outcomes? systematic review / R. Negrín, G. Ferrer, M. Iñiguez [et al.] // *Journal of Robotic Surgery.* – 2020. – Vol. 15. – № 2. – P. 165-177.

187. Robotic-Assisted Total Hip Arthroplasty in Patients Who Have Developmental Hip Dysplasia / M. Hepinstall, F. Mota, B. Naylor [et al.] // *Surg Technol Int.* – 2021. – Vol. 39. – P. 338-347.

188. Robotic-assisted total hip arthroplasty in patients with developmental dysplasia of the hip / S. Zhang, M. Ma, X. Kong [et al.] // *Int Orthop.* – 2024. – Vol. 48. – № 5. – P. 1189-1199.

189. Salisbury, J. K. Jr. The heart of microsurgery / J. K. Jr. Salisbury // *Mech Eng.* – 1998. – Vol. 120. – № 12. – P. 46–51.

190. Scully, R. D. Outpatient"-Same-calendar-day Discharge Hip and Knee Arthroplasty / R. D. Scully, J. E. Kappa, J. S. Melvin // *J Am Acad Orthop Surg.* – 2020. – Vol. 28. – № 20. – P. e900-e909.

191. Short-term effectiveness of MAKO robot assisted complex total hip arthroplasty / Y. Wang, B. Ji, Y. Chen, G. Li // *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* – 2022. – Vol. 36. – № 5. – P. 555-560.

192. Siebel, T. Clinical outcome following robotic assisted versus conventional total hip arthroplasty: a controlled and prospective study of seventy-one patients / T. Siebel, W. Käfer // *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* – 2005. – Vol. 143. – P. 391-398.

193. Subtrochanteric shortening osteotomy during cementless total hip arthroplasty in young patients with severe developmental dysplasia of the hip / D. Wang, D. H. Li, Q. Li [et al.] // *BMC Musculoskelet Disord.* – 2017. – Vol. 18. – P. 491.

194. Successful 24-hour discharge for total knee arthroplasty: importance of timing of surgery and physiotherapy in enhanced recovery after surgery protocol / H. J. Lee, S. Xu, E. X. Liu [et al.] // *Singapore Med J.* – 2024. – doi: 10.4103/singaporemedj.SMJ-2023-280. – [Electronic resource] – URL: <https://doi.org/10.4103/singaporemedj.SMJ-2023-280>.

195. Technique and first clinical results of robot-assisted total knee replacement / W. Siebert, S. Mai, R. Kober, P. F. Heeckt // *Knee.* – 2002. – Vol. 9. – P. 173–180.

196. The clinical and economic value of Mako SmartRobotics™ [Electronic resource]. – URL: <https://www.stryker.com/content/dam/commercial/usa/joint->

replacement/mako/JR-MKOSYM-STUD-1380600-EN\_US.pdf (дата обращения: 20.07.2025).

197. The development of a surgeon robot for prostatectomies / B. L. Davies, R. D. Hibberd, W. S. Ng [et al.] // *Proc Inst Mech Eng H*. – 1991. – Vol. 205(1). – P. 35-38.

198. The effect of patient age at intervention on risk of implant revision after total replacement of the hip or knee: a population-based cohort study / L. E. Bayliss, D. Culliford, A. P. Monk [et al.] // *Lancet*. – 2017. – Vol. 389(10077). – P. 1424-1430.

199. The history of robotic surgery and its evolution: when illusion becomes reality / A. L. G. Morrell, A. C. Morrell-Junior, A. G. Morrell [et al.] // *Rev Col Bras Cir*. – 2021. – Vol. 48. – P. e20202798.

200. The incidence of late-detected developmental dysplasia of the hip and its functional outcomes: a 17-year cohort study using selective ultrasound screening / Ø. Håberg, O. A. Foss, T. Gundersen [et al.] // *Acta Orthop*. – 2023. – Vol. 94. – P. 588-593.

201. The learning curve associated with robotic-assisted total hip arthroplasty / J. M. Redmond, A. Gupta, J. E. Hammarstedt [et al.] // *J Arthroplasty*. – 2015. – Vol. 30(1). – P. 50-54.

202. The learning curve of robotic-arm assisted acetabular cup positioning during total hip arthroplasty / B. Kayani, S. Konan, S. S. Huq [et al.] // *Hip Int*. – 2021. – Vol. 31(3). – P. 311-319.

203. The majority of conversion total hip arthroplasties can be considered a primary replacement: a matched cohort study / S. Aharram, M. Yahyaoui, J. Amghar [et al.] // *Eur J Med Res*. – 2020. – Vol. 25(1). – P. 69.

204. The Mako™ robotic arm-assisted total hip arthroplasty using direct anterior approach: surgical technique, skills and pitfalls / P. Perazzini, M. Trevisan, P. Sembenini [et al.] // *Acta Biomed*. – 2020. – Vol. 91. – № 4-S. – P. 21-30.

205. The Role of Physical Activity and Rehabilitation Following Hip and Knee Arthroplasty in the Elderly / R. Papalia, S. Campi, F. Vorini [et al.] // *J Clin Med*. – 2020. – Vol. 9(5). – P. 1401.

206. The techniques of soft tissue release and true socket reconstruction in total hip arthroplasty for patients with severe developmental dysplasia of the hip / X. Wu, S. H. Li, L. M. Lou, Z. D. Cai // *Int Orthop.* – 2012. – Vol. 36. – P. 1795–1801.

207. The therapeutic validity and effectiveness of physiotherapeutic exercise following total hip arthroplasty for osteoarthritis: a systematic review / A. Wijnen, S. E. Bouma, G. H. Seeber [et al.] // *PLoS One.* – 2018. – Vol. 13. – № 3. – P. e0194517.

208. The threeyear survivorship of robotically assisted versus nonrobotically assisted unicompartmental knee arthroplasty / J. P. St Mart, R. N. de Steiger, A. Cuthbert A [et al.] // *Bone Joint J.* – 2020. – Vol. 102B. – № 3. – P. 319-328.

209. The Use of RoboticAssisted Total Hip Arthroplasty in Developmental Dysplasia of the Hip / J. M. Vigdorichik, A. K. Sharma, V. K. Aggarwal [et al.] // *Arthroplast Today.* – 2020. – Vol. 6. – № 4. – P. 770-776.

210. Therapy Interventions Following Total Hip Replacement / H. Beck, F. Beyer, F. Gering [et al.] // *Dtsch Arztebl Int.* – 2019. – Vol. 116. – № 1-2. – P. 1-8.

211. Threshold for Computer and RobotAssisted Knee and Hip Replacements in the English National Health Service / E. Burn, D. PrietoAlhambra, T. W. Hamilton [et al.] // *Value Health.* – 2020. – Vol. 23. – № 6. – P. 719-726.

212. Tian, H. Robotic assisted artificial hip and knee arthroplasty is an inevitable trend in the future / H. Tian // *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* – 2022. – Vol. 102. – № 1. – P. 4-8.

213. Total Hip Arthroplasty for Crowe Type IV Hip Dysplasia: Surgical Techniques and Postoperative Complications / X. T. Shi, C. F. Li, Y. Han [et al.] // *Orthop Surg.* – 2019. – Vol. 11. – № 6. – P. 966-973.

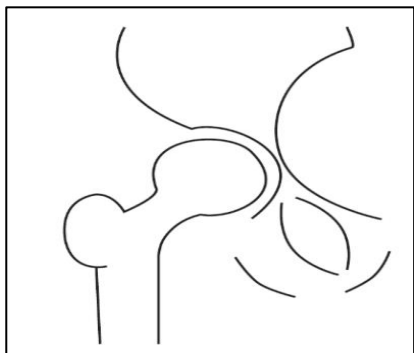
214. Total hip arthroplasty for unstable intertrochanteric fractures with necrosis of the femoral head: a 7year followup / Z. F. Zhang, J. K. Min, H. H. Yang, J. M. Zhong // *Zhongguo Gu Shang.* – 2022. – Vol. 35. – № 7. – P. 630-633.

215. Total Hip Arthroplasty with Robotic Arm Assistance for Precise Cup Positioning: A CaseControl Study / D. H. Guo, X. M. Li, S. Q. Ma [et al.] // *Orthop Surg.* – 2022. – Vol. 14. – № 7. – P. 1498-1505.

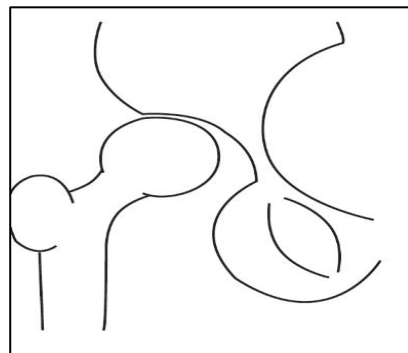
216. Transatlantic robotassisted telesurgery / J. Marescaux, J. Leroy, M. Gagner [et al.] // *Nature*. – 2001. – Vol. 413. – № 6854. – P. 379-380.
217. Wang, Y. Digital orthopedics in the new AI era: from ASIA aspect / Y. Wang // *Arthroplasty*. – 2023. – Vol. 5. – № 1. – P. 61.
218. Which specific modes of exercise training are most effective for treating low back pain: network metaanalysis / P. J. Owen, C. T. Miller, N. L. Mundell [et al.] // *Br J Sports Med*. – 2020. – Vol. 54. – № 21. – P. 1279-1287.
219. Yelin, E. An update on the burden of musculoskeletal diseases in the U.S. / E. Yelin, S. Weinstein, T. King // *Semin Arthritis Rheum*. – 2019. – Vol. 49. – № 1. – P. 1-2.
220. Zajtchuk, R. Anesthesia and perioperative care of the combat casualty. Part IV – surgical combat casualty care / R. Zaitchuk, R. F. Rellamy, C. M. Grande // *Textbook of Military Medicine*. – Washington, DC: Office of the Surgeon General, 1995.
221. Zheng, G. ComputerAided Orthopaedic Surgery: StateoftheArt and Future Perspectives / G. Zheng, L. P. Nolte // *Adv Exp Med Biol*. – 2018. – Vol. 1093. – P. 1-20.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
**КЛАССИФИКАЦИЯ ВРОЖДЕННОЙ ДИСПЛАЗИИ БЕДРА У ВЗРОСЛЫХ**  
**ПО КРОУ (CROWE J.F., 1979)**

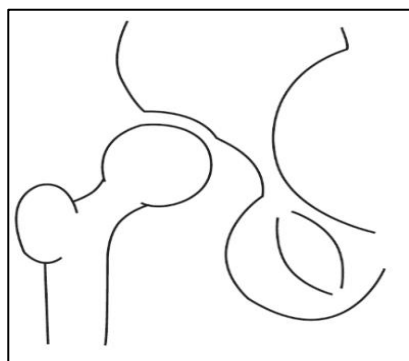
**Норма**



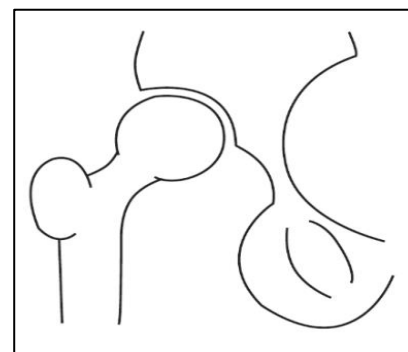
**I степень, проксимальное смещение головки составляет до 50% высоты головки или до 10% высоты таза**



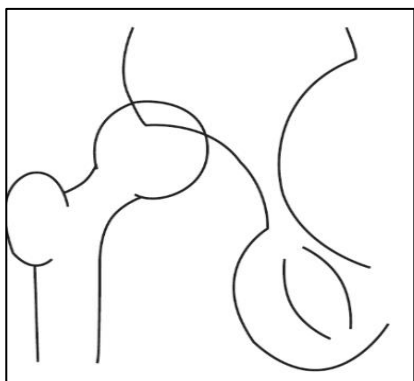
**II степень, проксимальное смещение головки составляет 50–75% высоты головки или 10–15% высоты таза**



**III степень, проксимальное смещение головки составляет 75–100% высоты головки или 15–20% высоты таза**



**IV степень, проксимальное смещение головки составляет более 100% высоты головки или больше 20% высоты таза**



**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
**КЛИНИКО-СТАТИСТИЧЕСКАЯ КВАНТИФИКАЦИЯ ИССЛЕДУЕМЫХ**  
**ПАРАМЕТРОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ШКАЛЫ OHS**

Вопрос	0	1	2	3	4
1	боли не было	очень слабая	слабая	умеренная	сильная
2	никаких затруднений	небольшие затруднения	умеренные затруднения	чрезвычайные затруднения	невозможно осуществить
3	никаких затруднений	небольшие затруднения	умеренные затруднения	чрезвычайные затруднения	невозможно осуществить
4	Да, с легкостью	С небольшими затруднениями	С умеренными затруднениями	С чрезвычайными затруднениями	Нет, это было невозможно
5	Да, с легкостью	С небольшими затруднениями	С умеренными затруднениями	С чрезвычайными затруднениями	Нет, это было невозможно
6	Боли не было/ Более 30 минут	От 16 до 30 минут	От 5 до 15 минут	Только по дому	Нисколько/ сильная боль при ходьбе
7	Да, с легкостью	С небольшими затруднениями	С умеренными затруднениями	С чрезвычайными затруднениями	Нет, это было невозможно
8	Совсем не больно	Слегка больно	Умеренно больно	Очень больно	Невыносимо
9	Редко/ никогда	Только в начале	Часто, не только в начале	Большую часть времени	Нет, это было невозможно
10	Ни в один из дней	Только 1 или 2 дня	В некоторые дни	В большую часть дней	Каждый день
11	Нисколько	Немного	Умеренно	Сильно	Полностью
12	Ни в одну из ночей	Только 1 или 2 ночи	В некоторые ночи	В большую часть ночей	Каждую ночь

**ПРИЛОЖЕНИЕ В**

**КЛИНИКО-СТАТИСТИЧЕСКАЯ КВАНТИФИКАЦИЯ ИССЛЕДУЕМЫХ  
ПАРАМЕТРОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОПРОСНИКА ХАРРИСА**

Показатель	0	1	2	3	4	5	
<b>I. Боль</b>							
	Нет или ее можно проигнорировать	Слабая, случайная, не ограничивающая активность	Слабая, не проявляется при средней активности, редко может появиться умеренная боль при повышенной нагрузке, прием аспирина	Умеренная, боль терпимая, но пациент уступает боли, ограничивая в некоторой степени обычную нагрузку, может постоянно работать. Иногда могут потребоваться противовоспалительные препараты, сильнее, чем аспирин, постоянно	Выраженная боль. Все время. Способен передвигаться. Выраженное ограничение активности. Прием более сильных, чем аспирин препаратов, обычно и многократно	Сильная боль в кровати, прикован к постели	
<b>II. Функция</b>							
Походка	Хромота	нет	легкая	умеренная	сильная	две трости	—
	Опора	нет	трость для длительных прогулок	трость большую часть времени	один костыль	прикован к кровати или инвалидной коляске	два костыля

Показатель		0	1	2	3	4	5
	Преодолеваемое расстояние	Ходит на неограниченное расстояние	Проходит 6 кварталов	Проходит 2-3 квартала	Передвигается только по квартире	не может ходить пешком	–
Активность	Лестница	нормально без использования перил	нормально, используя перила	любым способом	невозможно ходить по ступеням	–	–
	Носки и обувь	Одевать носки и обувь легко	Одевать носки и обувь с трудом	невозможно		–	–
	Сидение	Комфортно на обычной стуле один час	На высокой стуле полчаса	Невозможно сидеть на стуле любого типа	Пользование городским транспортом	–	–
<b>III. Деформация</b>							
Фиксированная сгибательная контрактура менее 30 град		нет	да	–	–	–	–
Менее 10 град фиксированного приведения		нет	да	–	–	–	–
Менее 10 град фиксированной внутренней ротации при разгибании		нет	да	–	–	–	–
Разница в длине конечностей менее, чем 3 см		нет	да	–	–	–	–

<b>IV. Объем движений</b>						
Сгибание > 90	нет	да	–	–	–	–
Отведение > 15	нет	да	–	–	–	–
Наружная ротация > 30	нет	да	–	–	–	–
Внутренняя ротация > 15	нет	да	–	–	–	–
Приведение > 15	нет	да	–	–	–	–

**ПРИЛОЖЕНИЕ Г**

**ОПРОСНИК FJS-12 (FORGOTTEN JOINT SCORE-12)**

**«ШКАЛА ЗАБЫТОГО СУСТАВА» (РУССКОЯЗЫЧНАЯ ВЕРСИЯ ИЗ**

**СТАТЬИ ИРЖАНСКОГО И СОАВТ., 2018)**

**Инструкция:** Ощущаете ли Вы свой искусственный сустав при следующих действиях? (Отметьте один вариант ответа для каждого пункта).

<b>№</b>	<b>Вопрос</b>	<b>Никогда (0)</b>	<b>Почти никогда (1)</b>	<b>Нечасто (2)</b>	<b>Часто (3)</b>	<b>Почти всегда (4)</b>
1	В постели по ночам?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Когда сидите на стуле более одного часа?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Когда гуляете пешком более 15 минут?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Когда принимаете ванну или душ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Когда едете на автомобиле?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Когда поднимаетесь по лестнице?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Когда идете по неровной поверхности?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Когда поднимаетесь	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

№	Вопрос	Никогда (0)	Почти никогда (1)	Нечасто (2)	Часто (3)	Почти всегда (4)
	на ноги, сидя на низком предмете?					
9	Когда долго стоите?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Когда занимаетесь домашними делами или работой в саду?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Когда идете на прогулку / занимаетесь пешим туризмом?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Когда занимаетесь любимым видом спорта?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Подсчёт баллов:

Каждому ответу присваивается балл: «Никогда» – 0, «Почти никогда» – 1, «Нечасто» – 2, «Часто» – 3, «Почти всегда» – 4.

Суммируются баллы по всем вопросам.

Итоговый сырой балл преобразуется в шкалу от 0 до 100, где 100 – полное «забывание» сустава (лучший результат). Формула пересчёта:  $(100 - (\text{сумма баллов} / 12) \times 25)$ .

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

### SF-36. АНКЕТА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ

**Инструкция:** Этот опросник содержит вопросы, касающиеся Ваших взглядов на свое здоровье. Предоставленная Вами информация поможет следить за тем, как Вы себя чувствуете, и насколько хорошо справляетесь со своими обычными нагрузками. Ответьте на каждый вопрос, помечая выбранный вами ответ, как это указано. Если Вы не уверены в том, как ответить на вопрос, пожалуйста, выберите такой ответ, который точнее сего отражает Ваше мнение.

1. В целом вы бы оценили состояние Вашего здоровья как (обведите одну цифру):

- Отличное ..... 1
- Очень хорошее ..... 2
- Хорошее ..... 3
- Посредственное ..... 4
- Плохое ..... 5

2. Как бы вы оценили свое здоровье сейчас по сравнению с тем, что было год назад? (обведите одну цифру):

- Значительно лучше, чем год назад... 1
- Несколько лучше, чем год назад.... 2
- Примерно так же, как год назад..... 3
- Несколько хуже, чем год назад..... 4
- Гораздо хуже, чем год назад ..... 5

3. Следующие вопросы касаются физических нагрузок, с которыми Вы, возможно, сталкиваетесь в течении своего обычного дня. Ограничивает ли Вас состояние Вашего здоровья в настоящее время в выполнении перечисленных ниже физических нагрузок? Если да, то в какой степени? (обведите одну цифру в каждой строке)

	<b>Вид физической активности</b>	<b>Да, значительно ограничивает</b>	<b>Да, немного ограничивает</b>	<b>Нет, совсем не ограничивает</b>
А	Тяжелые физические нагрузки, такие как бег, поднятие тяжестей, занятие силовыми видами спорта	1	2	3
Б	Умеренные физические нагрузки, такие как передвинуть стол, поработать с пылесосом, собирать грибы или ягоды	1	2	3
В	Поднять или нести сумку с продуктами	1	2	3
Г	Подняться пешком по лестнице на несколько пролетов	1	2	3
Д	Подняться пешком по лестнице на один пролет	1	2	3
Е	Наклониться, встать на колени, присесть на корточки	1	2	3
Ж	Пройти расстояние более одного	1	2	3

	километра			
3	Пройти расстояние в несколько кварталов	1	2	3
И	Пройти расстояние в один квартал	1	2	3
К	Самостоятельно вымыться, одеться	1	2	3

4. Бывало ли за последние 4 недели, что Ваше физическое состояние вызывало затруднения в Вашей работе или другой обычной повседневной деятельности, вследствие чего (обведите одну цифру в каждой строке):

		Да	Нет
А	Пришлось сократить количество времени, затрачиваемого на работу или другие дела	1	2
Б	Выполнили меньше, чем хотели	1	2
В	Вы были ограничены в выполнении какого-либо определенного вида работы или другой деятельности	1	2
Г	Были трудности при выполнении своей работы или других дел (например, они потребовали дополнительных усилий)	1	2

5. Бывало ли за последние 4 недели, что Ваше эмоциональное состояние вызывало затруднения в Вашей работе или другой обычной повседневной деятельности, вследствие чего (обведите одну цифру в каждой строке):

		Да	Нет
А	Пришлось сократить количество времени, затрачиваемого на работу или другие дела	1	2
Б	Выполнили меньше, чем хотели	1	2
В	Выполняли свою работу или другие дела не так аккуратно, как обычно	1	2

6. Насколько Ваше физическое или эмоциональное состояние в течении последних 4 недель мешало Вам проводить время с семьей, друзьями, соседями или в коллективе? (обведите одну цифру):

- Совсем не мешало..... 1
- Немного ..... 2
- Умеренно ..... 3
- Сильно..... 4
- Очень сильно ..... 5

7. Насколько сильную физическую боль Вы испытывали за последние 4 недели? (обведите одну цифру)

- Совсем не испытывал(а)... ..... 1
- Очень слабую ..... 2
- Слабую ..... 3
- Умеренную ..... 4
- Сильную..... 5
- Очень сильную ..... 6

8. В какой степени боль в течении последних 4 недель мешала Вам заниматься Вашей нормальной работой, включая работу вне дома и по дому? (обведите одну цифру)

- Совсем не мешала ..... 1  
 Немного ..... 2  
 Умеренно ..... 3  
 Сильно..... 4  
 Очень сильно ..... 5

9. Следующие вопросы касаются того, как Вы себя чувствовали и каким было Ваше настроение в течение последних 4 недель. Пожалуйста, на каждый вопрос дайте один ответ, который наиболее соответствует Вашим ощущениям. Как часто в течении последних 4 недель (обведите одну цифру в каждой строке):

		<b>Все время</b>	<b>Большую часть времени</b>	<b>Часто</b>	<b>Иногда</b>	<b>Редко</b>	<b>Ни разу</b>
А	Вы чувствовали себя бодрым(ой)?	1	2	3	4	5	6
Б	Вы сильно нервничали?	1	2	3	4	5	6
В	Вы чувствовали себя таким(ой) подавленным(ой), что ничто не могло Вас взбодрить?	1	2	3	4	5	6
Г	Вы чувствовали себя спокойным(ой) и умиротворенным(ой)?	1	2	3	4	5	6
Д	Вы чувствовали себя полным(ой) сил и энергии?	1	2	3	4	5	6
Е	Вы чувствовали себя упавшим(ей) духом и печальным(ой)?	1	2	3	4	5	6
Ж	Вы чувствовали себя измученным(ой)?	1	2	3	4	5	6
З	Вы чувствовали себя счастливым(ой)?	1	2	3	4	5	6
И	Вы чувствовали себя уставшим(ей)?	1	2	3	4	5	6

10. Как часто в последние 4 недели Ваше физическое или эмоциональное состояние мешало Вам активно общаться с людьми? Например, навещать родственников, друзей и т.п. (обведите одну цифру):

- Все время ..... 1  
 Большую часть времени ..... 2  
 Иногда ..... 3

Редко ..... 4

Ни разу ..... 5

11. Насколько **ВЕРНЫМ** или **НЕВЕРНЫМ** представляется по отношению к Вам каждое из ниже перечисленных утверждений? (обведите одну цифру в каждой строке)

		<b>Определенно верно</b>	<b>В основном верно</b>	<b>Не знаю</b>	<b>В основном не верно</b>	<b>Определенно неверно</b>
А	Мне кажется, что я более склонен к болезням, чем другие	1	2	3	4	5
Б	Мое здоровье не хуже, чем у большинства моих знакомых	1	2	3	4	5
В	Я ожидаю, что мое здоровье ухудшится	1	2	3	4	5
Г	У меня отличное здоровье	1	2	3	4	5