

*На правах рукописи*



**Дгебуадзе Георгий**

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

3.1.8. Травматология и ортопедия

Автореферат  
диссертации на соискание учёной степени  
кандидата медицинских наук

Москва – 2026

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)

**Научный руководитель:**

доктор медицинских наук, профессор

**Грицюк Андрей Анатольевич**

**Официальные оппоненты:**

**Ахтямов Ильдар Фуатович** – доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра травматологии, ортопедии и хирургии экстремальных состояний, заведующий кафедрой

**Брижань Леонид Карлович** – доктор медицинских наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации, заместитель начальника госпиталя (по научно-исследовательской работе)

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита диссертации состоится «21» сентября 2026 года в 13:00 часов на заседании диссертационного совета ДСУ 208.001.26 в ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский университет), по адресу: 119435, Москва, Большая Пироговская ул., д. 2 стр. 1

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной учебной библиотеке ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский университет) по адресу: 119034, г. Москва, Зубовский бульвар, д. 37/1 и на сайте организации: [www.sechenov.ru](http://www.sechenov.ru)

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
доктор медицинских наук, профессор



**Крупинов Герман Евгеньевич**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### 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 (Гафаров Х.З., 2006; Gala L. et al., 2016; Krivicich L.M. et al., 2023; Krüger P.C. et al., 2023).

Дисплазия тазобедренного сустава является ведущим предвестником остеоартроза и встречается почти 40 % пациентов с патологией тазобедренного сустава (Goldstein R.Y. et al., 2014; García C.E. et al., 2021; Nåberg Ø. et al., 2023). Современное тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава остается отличным вариантом хирургического лечения для тяжелых случаев ДТС. Трудности могут возникнуть из-за анатомических аномалий и предыдущих операций (Picard F. et al., 2019; Ando W. et al., 2021; Hepinstall M. et al., 2021; Chai W. et al., 2022; Zhao X. et al., 2022; Sato K. et al., 2023).

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 (Cozzi Lepri A. et al., 2020; Ando W. et al., 2021; Guo D.H. et al., 2022; Sato K. et al., 2023; Zhang S. et al., 2024).

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 (Chen X. et al., 2018; Vighdorchik J.M. et al., 2020; Hayashi S. et al., 2021; Zhou Y. et al., 2021; Zhao X. et al., 2022; Hecht C.J. 2nd et al., 2024; LlombartBlanco R. et al., 2024). Количество операций ТЭТС в ближайшие десятилетия, по прогнозам зарубежных специалистов, продолжит увеличиваться (Kurtz S. et al., 2007; Lee K. et al., 2008).

Эндопротезирование сустава при дисплазии направлена на увеличение подвижности, снижение болевого синдрома, выравнивание длины конечности и улучшение качества жизни пациента (Xu G. et al., 2021; Ando W. et al., 2021; Chai W. et al., 2022; Sato K. et al., 2023; Hecht C.J. 2nd et al., 2024). 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 (Lee K. et al., 2008; Jacofsky D.J. et al., 2016; Perets I. et al., 2020; Zhou Y. et al., 2021; Hecht C.J. 2nd et al., 2024).

Применение роботизированных методов направлено на повышение точности хирургических манипуляций, на обеспечение предоперационного планирования типа имплантата, его размеров и положение элементов протеза (Jacofsky D.J. et al., 2016; Cozzi Lepri A. et al., 2020; Vigdorichik J.M. et al., 2020; Hayashi S. et al., 2021; Zhou Y. et al., 2021; Hecht C.J. 2nd et al., 2024).

### **Степень разработанности темы исследования**

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 (Domb B.G. et al., 2015; Chen X. et al., 2018; Xu G. et al., 2021; Hayashi S. et al., 2021; Chai W. et al., 2022), что обуславливает актуальность нашего 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) (Kwoh Y.S. et al., 1988). 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 (Paul H.A. et al., 1992).

К настоящему времени робот-ассистированное эндопротезирование (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 восстанавливая кинематику суставов, уменьшая нестабильность или столкновение и улучшая результаты лечения пациентов (Cozzi Lepri A. et al., 2020; Vigdorichik J.M. et al., 2020; Xu G. et al., 2021; Guo D.H. et al., 2022; Zhao X. et al., 2022; Hecht C.J. 2nd et al., 2024).

Роботизированная навигационная система МАКО (Stryker Corporation, США, МАКО

Robot) позволяет имплантировать компоненты эндопротеза с точностью до 1 мм и 1 градуса с учетом индивидуальных особенностей каждого пациента (Ando W. et al., 2021; Chai W. et al., 2022; Guo D.H. et al., 2022; Zhao X. et al., 2022; Sato K. et al., 2023; LlombartBlanco R. et al., 2024; Zhang S. et al., 2024).

Во многих странах мира робот-ассистированная система Mako продемонстрировала положительные результаты ТЭТБ при ДТС. В зарубежной литературе имеются публикации о преимуществах этого метода (Marescaux J. et al., 2001; Cozzi Lepri A. et al., 2020; Hayashi S. et al., 2021; Xu G. et al., 2021; Chai W. et al., 2022; Guo D.H. et al., 2022; Zhao X. et al., 2022; LlombartBlanco R. et al., 2024). В отечественной литературе таких данных нет.

### **Цель и задачи исследования**

**Цель исследования:** 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-III 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.

### **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.

### **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.

### **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.

### **Объем и структура 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.

## **СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### **Материалы и методы исследования**

В соответствии с целью диссертационного исследования улучшить результаты первичного тотального эндопротезирования тазобедренного сустава при дисплазии путем внедрения робот-ассистированного ТЭТС (раТЭТС) мы провели проспективный анализ лечения пациентов с ДОА тазобедренного сустава, оценили точность предоперационного планирования и установки эндопротеза, оценили интра- и послеоперационные осложнения традиционным методом оперативных вмешательств и сравнили их с робот-ассистированной технологией тотального эндопротезирования тазобедренного сустава (ТЭТС). Определили показания и противопоказания для раТЭТС при ДОА, обосновали алгоритм отбора пациентов. Изучили эффективность алгоритма, преимущества, осложнения и ограничения раТЭТС при ДОА.

Согласно результатам обзора литературы, в настоящее время наблюдается активное распространение применения раТЭТС как в России, так и в других странах. При этом требуются дополнительные исследования в отношении выявления возможностей и ограничений данного метода, что позволит оптимизировать и расширить возможности тотального эндопротезирования.

### **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 невключения:** пациенты с ДОА 3b–4 ст. по Crowe, а также пациенты, которым выполнялась укорачивающая остеотомия бедренной кости, имеющие дефекты 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. 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 независимым сотрудником непосредственно перед операцией, схема рандомизации представлена на Рисунке 1.

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:

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

– группа II (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).

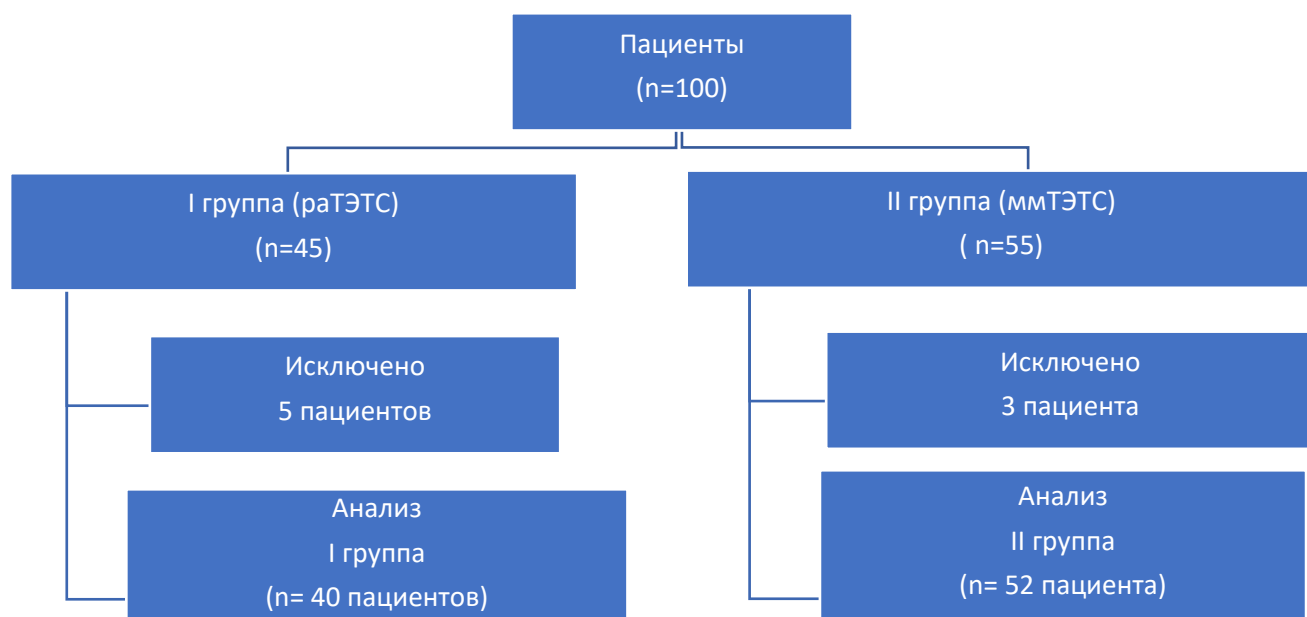


Рисунок 1 – Схема рандомизации пациентов

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.

### 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; мужчины 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> (Таблица 1).

Операцию выполняли по поводу правостороннего коксартроза в 52 случаях и 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. Из результатов статистического анализа, представленных в таблице, видно, что статистически значимых различий между группами не выявлено, группы могут быть повергнуты дальнейшему анализу.

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°) – амплитуда 80° (от 0° нейтральная позиция).

Таблица 1 – 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.

Одним из важных критериев коксартроза является болевой синдром, оценка уровня которого проведена по визуально-аналоговой шкале (Huskisson E., 1974).

Оценка клинических и функциональных показателей была выполнена методом анкетирования при помощи шкалы VAS, шкалы Харриса (Harris Hip scale), опросника OHS (OXFORD HIP SCORE), SF-36 до операции, в раннем и позднем послеоперационных периодах, через 3, 6, 12 месяцев после операции.

### Инструментальные методы

Всем пациентам были проведены ряд исследований: обзорная рентгенография таза в натуральную величину (100%), (фронтальная проекция и фокусное расстояние 1,1 м) и КТ-исследования по протоколу Mako Stryker на этапе предоперационного планирования и после операции (Рисунок 2).

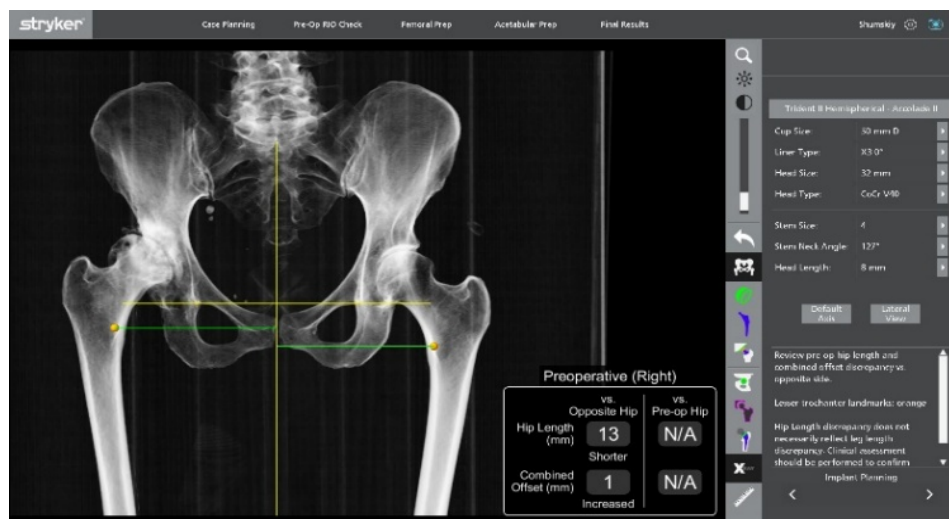


Рисунок 2 – КТ исследование по протоколу Mako Stryker

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. При выраженной дисплазии тазобедренного сустава пациентам, которых оперировали мануальным методом, также выполнялось КТ-исследование до операции.

### Послеоперационное ведение пациентов

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 (К) проводили рентген – обзорный снимок таза в натуральную величину для предоперационного планирования: определения приблизительных размеров, углов наклона компонентов эндопротеза и длины конечности. Пациентам группы (РА) перед операции проводили компьютерную томографию суставов по протоколу Mako 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 (2, 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» 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.

### **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 рТЭТС и ммТЭТС с использованием U-критерия Манна – Уитни. Надежность значений выравнивания и положения чашки оценивалась путем определения в 20 случайно выбранных случаях межисследовательской и внутриисследовательской воспроизводимости. 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 случаев в каждой группе было бы достаточно для выявления статистически значимых различий.

### **Результаты исследования**

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,  $p=0,007$  (Таблица 2).

Таблица 2 – Средние величины болевого синдрома по шкале ВАШ

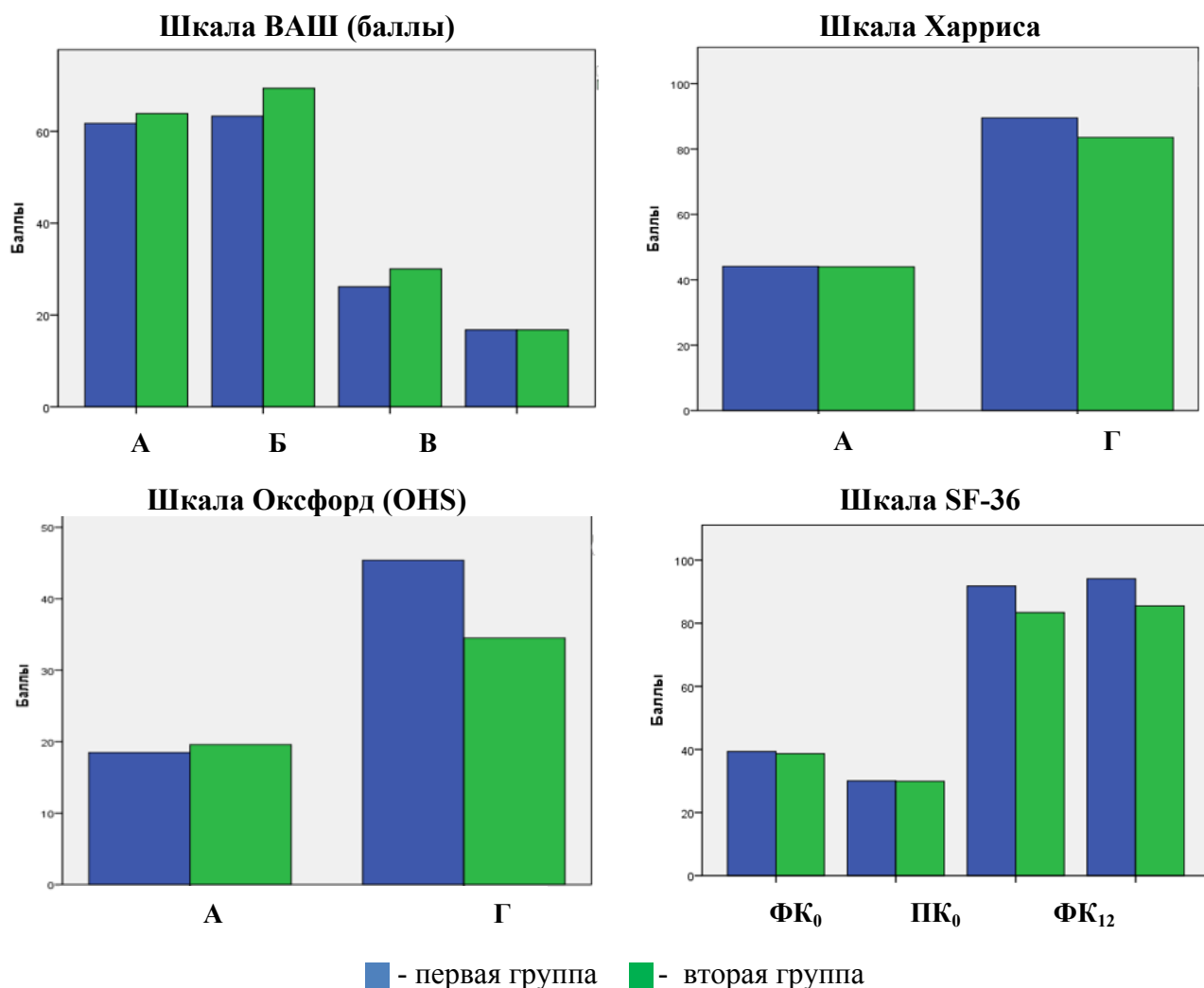
Период наблюдения	Группа	N	Среднее	Среднекв. отклонение	p*
До операции	I	40	61,75	14,830	0,360
	II	52	63,88	14,770	
3 месяца после операции	I	40	63,33	9,864	0,007
	II	52	69,38	11,443	
6 месяцев после операции	I	40	26,15	5,668	0,011
	II	52	30,04	8,225	
12 месяцев после операции	I	40	16,75	5,256	0,447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

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

Через 6 месяцев после операции болевой синдром значительно регрессировал в обеих группах более чем в 2 раза, чем в 3 месяца после операции, соответственно в группе I –  $26,2 \pm 5,7$  балла, в группе II –  $30,0 \pm 8,2$  балла, при  $p=0,011$ , что было на 12,7% меньше в основной группе, чем в контрольной. 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  $p=0,447$  (Рисунок 3).

Комплексная оценка по шкале Харриса показывает значительное улучшение функции оперированной конечности через год после операции, результаты улучшились в среднем в 2 раза (в группе 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 3). 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 3.

Средние значения функции тазобедренного сустава по шкале Оксфорда (OHS) в группе I –  $18,5 \pm 5,9$  балла, в группе II –  $19,6 \pm 6,1$  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 4). При сравнении групп между собой через 12 месяцев после операции отмечают более высокие показатели в основной группе, превышающие контрольную группу на 24%, высокой статистической значимости результат,  $p<0,001$  (Рисунок 3).



Примечание: А – до операции; Б – 3 месяца, В – 6 месяцев, Г – 12 месяцев после операции операции; ФК<sub>0</sub> – физический компонент до операции; ПК<sub>0</sub> – психический компонент до операции; ФК<sub>12</sub> – физический компонент через 12 месяцев после операции; ПК<sub>12</sub> – психический компонент через 12 месяцев после операции

Рисунок 3 – Диаграмма динамики средних значений по шкалам

Таблица 3 – Средние величины по шкале Харриса (HNS)

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

Таблица 4 – 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

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 в группах I и II:  $39,5 \pm 9,4$  и  $38,7 \pm 8,3$  балла соответственно,  $p=0,787$ ; психический компонент здоровья до операции:  $30,1 \pm 2,6$  и  $29,9 \pm 2,8$  балла соответственно,  $p=0,744$ ) (Таблица 5). После операции через 12 месяцев показатели резко выросли в обеих группах, однако в основной группе были лучше по обоим показателям, что показано на Рисунке 4. По показателю физического компонента здоровья – на 9,2%, психического компонента здоровья – на 9,1%, при  $p < 0,001$ .

Таблица 5 – 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

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 ( $85,9 \pm 3,5$  балла в группе

I и  $84,1 \pm 6,4$  балла в группе II), статистически значимой разницы выявлено не было ( $p=0,307$ ) (Таблица 6).

Таблица 6 – 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, особенно отведения-приведения и ротация, 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  $97,9 \pm 11,1^\circ$ ), хотя 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,  $p=0,033$  (Таблица 7). 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 (Таблица 7).

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 техниках операции мы не нашли, статистически значимой разницы не выявлено. Однако следует отметить, что при планировании угла горизонтального отклонения чашки (после операции) в обеих группах  $15^\circ$  антеверсии мы получили в группе I (робот-ассистированная операция) среднее значение угла  $15,0 \pm 1,2^\circ$  (разброс  $1,2^\circ$ ), в группе II (мануальная техника)  $14,8 \pm 6,2^\circ$  (разброс  $6,2^\circ$ ). 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.

Таблица 7 – 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

То же самое отмечено при анализе угла вертикального отклонения чашки вертлужной впадины при планировании 45° 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  $7,4^\circ$  (Таблица 8). 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 во фронтальной плоскости, но статистической разницы между группами не было. Остаточное укорочение (которое мы планировали 0 мм, равное длине 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, повысив точность выравнивания длины конечности на 43,75%, при статистически значимой разнице  $p=0,001$ .

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 4-5 наглядно демонстрируют преимущества раТЭТС над ммТЭТС.

Таблица 8 – 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

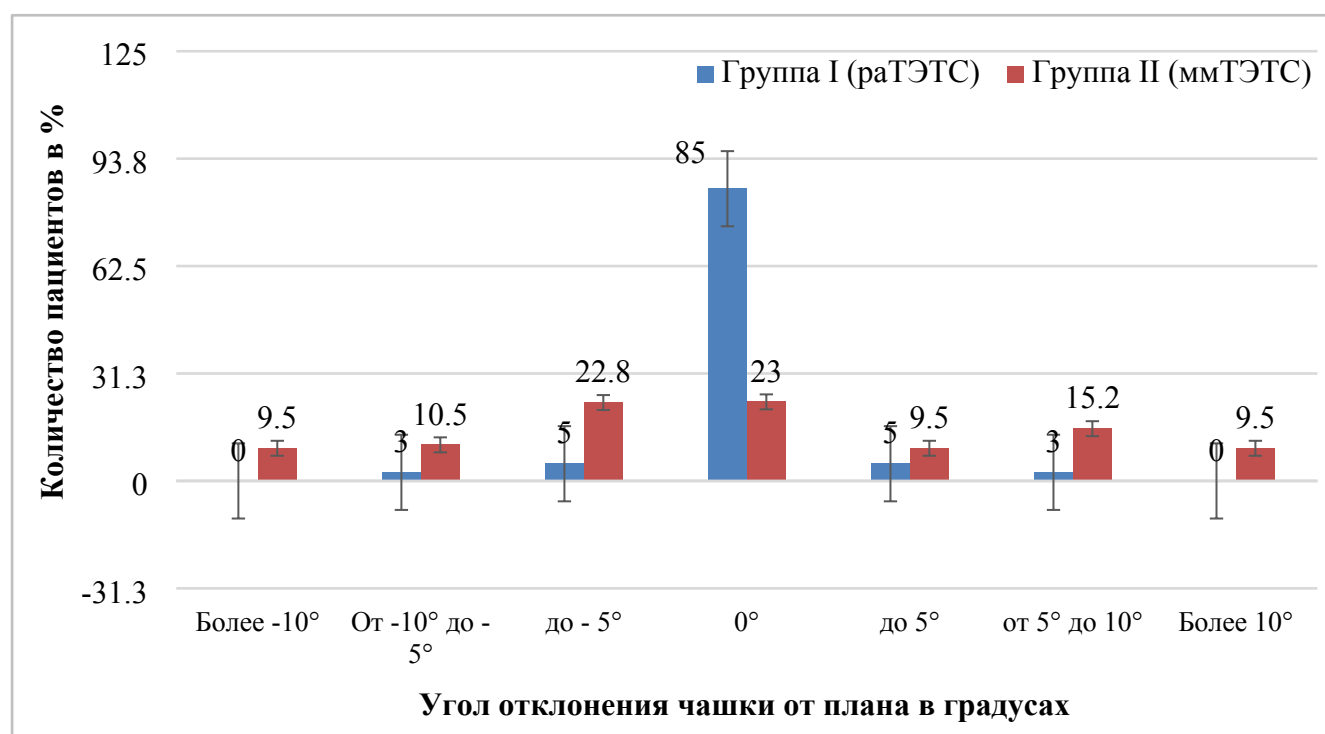


Рисунок 4 – Распределение пациентов по углу вертикального отклонения чашки после операции

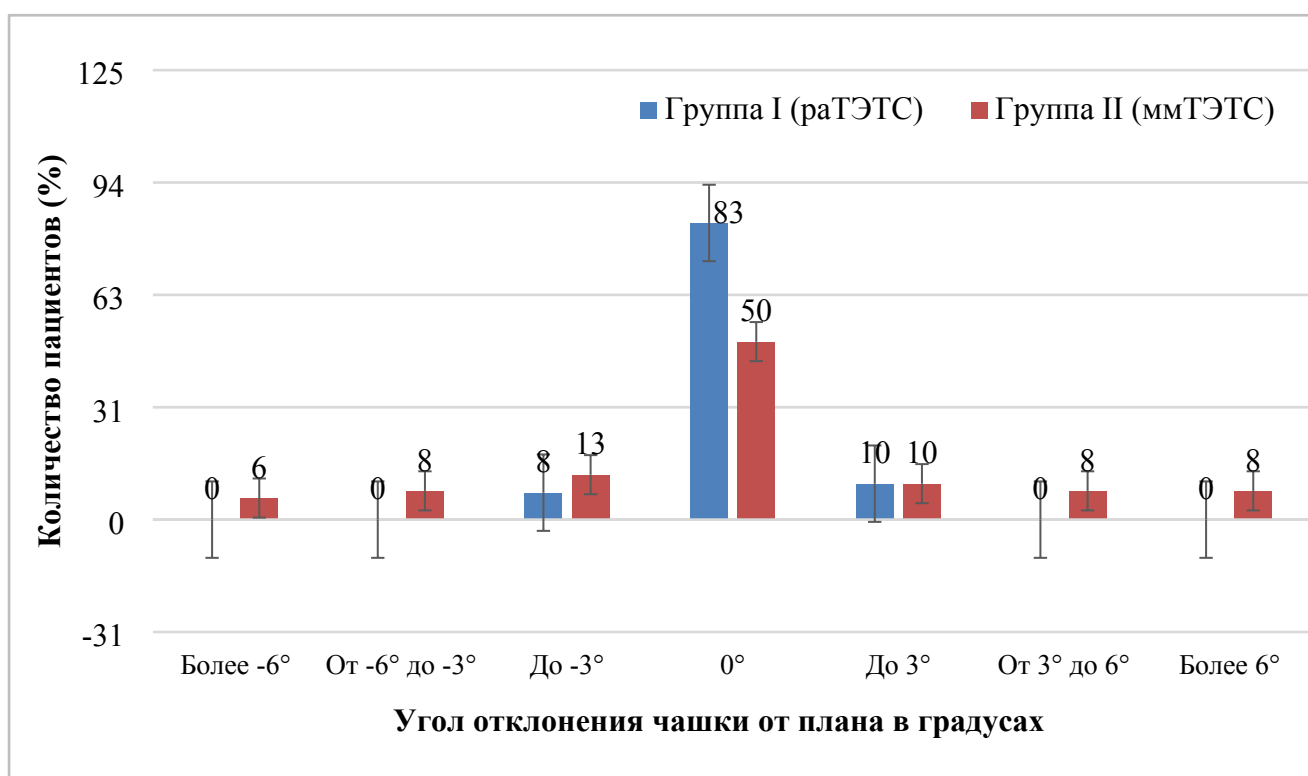


Рисунок 5 – Распределение пациентов по углу горизонтального отклонения чашки после операции

Объем интраоперационной кровопотери в обеих группах составлял от 50 мл до 250 мл, ни в одном случае нам не понадобилось выполнять гемотрансфузию (Таблица 9). Средние значения интраоперационной кровопотери показали, что в группе I paTЭТС на 11% кровопотери меньше, чем в группе II mmTЭТС. Средние значения длительности операции в группе I (paTЭТС) составили  $53,8 \pm 4,3$  минуты, в группе II (mmTЭТС) значительно больше –  $71,7 \pm 11,9$  минуты, что на 25% больше, чем в основной группе ( $p < 0,001$ ), что представлено в Таблице 9.

Таблица 9 – 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

Данные параметры показывают, что при диспластическом коксартрозе при наличии деформации (недоразвития) вертлужной впадины всегда есть трудности с позиционированием

чашки. В этом случае робототехника позволяет точно планировать, прецизионно римировать и устанавливать чашку, интраоперационная поддержка и визуализация дают преимущества в этом компоненте и при выравнивании длины конечности, что уже обсуждалось 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 4 случаях (7,7%) по необходимости была выполнена пластика вертлужной впадины аутокостью с фиксацией винтами.

Согласно представленным результатам можно заключить, что ТЭТС, выполненное с применением робота МАКО, имеет следующие преимущества:

- снижение болевого синдрома по шкале ВАШ через 3, 6 и 12 месяцев;
- улучшение 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.

## ВЫВОДЫ

1. Методика раТЭТС, примененная пациентам 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 пациентам 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 NHS (на 6,0 балла), по OHS на (10,9 балла), 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 суставов позволяет расширить показания к высокотехнологичным и высокоточным операциям у данного контингента пациентов.

### **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. 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. – 2014. – № 3. – С.149-154.

2. 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 // **Кремлевская медицина. Клинический вестник.** – 2023. – № 3. – С.13-17.

3. Эффективность блокады подвздошной фасции при тотальном эндопротезировании тазобедренного сустава / С. В. Крылов, И. Н. Пасечник, С. С. Гужев, А. К. Орлецкий, А. А. Шумский, Г. Дгебуадзе // Медицинский алфавит. Неотложная медицина. – 2023. – № 6. – С.57-61.

4. 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.

5. 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. – С.7-14.

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

### СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ВАШ – Визуально-аналоговая шкала

ДОА – Диспластический остеоартроз

ДТС – Дисплазия тазобедренного сустава

ИМТ – Индекс массы тела

КТ – Компьютерная томография

ммТЭТС – Мануальный метод тотального эндопротезирования тазобедренного сустава

ОА – Остеоартроз

раТЭТС – Робот-ассистированное тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава

ТБС – Тазобедренный сустав

ТЭТС – Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава

ФК – Физический компонент здоровья (опросник SF-36)

ПК – Психический компонент здоровья (опросник SF-36)

FJS-12 – Forgotten Joint Score-12 (шкала «забытого сустава»)

HHS – Harris Hip Score (шкала Харриса)

OHS – Oxford Hip Score (Оксфордская шкала для тазобедренного сустава)

PUMA – Programmable Universal Machine for Assembly (программируемая универсальная сборочная машина)

VAS – Visual Analogue Scale (визуально-аналоговая шкала)