

На правах рукописи



Зубавленко Роман Андреевич

**Оптимизация техники позиционирования эндопротеза при тотальной
артропластике коленного сустава**

3.1.8. Травматология и ортопедия

**Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата медицинских наук**

Москва – 2026

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского Министерства здравоохранения Российской Федерации

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, доцент

Островский Владимир Владимирович

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

Корнилов Николай Николаевич – доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра травматологии и ортопедии, профессор кафедры

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита диссертации состоится «26» октября 2026 г. в 13:00 часов на заседании диссертационного совета ДСУ 208.001.26 при ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по адресу: 119435, г. Москва, ул. Большая Пироговская д. 2, стр. 1

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной учебной библиотеке ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (119034, г. Москва, Зубовский бульвар, д. 37/1) и на сайте организации: <https://www.sechenov.ru>

Автореферат разослан «___» _____ 2026 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор медицинских наук, профессор



Крупин Гертман Евгенъевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

В последние десятилетия количество выполненных артропластик коленного сустава неуклонно растет, однако растет и число пациентов, недовольных результатами операций. По данным разных источников, доля осложнений после тотального эндопротезирования коленного сустава (ТЭКС) варьирует от 2 до 55% (Н.В. Загородний, 2018; Б.Л. Кобленц, 2022; Д.В. Белоусов, 2024; Д.А. Киселев, 2024; В.В. Кузин, 2025; Y. Kokubu 2024).

Одним из существенных факторов риска развития осложнений после ТЭКС является некорректное позиционирование бедренного компонента (БК) эндопротеза – даже минимальные отклонения в его ротации оказывают значительное влияние на кинематические параметры сустава. Это, в свою очередь, провоцирует нарушения трекинга, подвывихи и вывихи надколенника, а также нестабильность при сгибательных движениях. Подобные отклонения способствуют развитию артрофиброза и ускоренному износу компонентов эндопротеза, что существенно ухудшает долгосрочные результаты ТЭКС (И.Ф. Ахтямов, 2022; А.В. Лычагин, 2023; М.А. Герасименко, 2025; T. Asano, 2005; Y.N. Kim, 2020).

Даже незначительное изменение угла внутренней ротации БК (по некоторым работам всего в диапазоне $\pm 3^\circ$) может увеличить риск возникновения болевого синдрома в 5 раз с существенным снижением сроков «выживаемости» эндопротеза (А.А. Каширин, 2024; В.Г. Морозов, 2024; А.А. Sultan, 2020; A. Rajgopal, 2023).

Степень разработанности темы исследования

Дефекты позиционирования БК напрямую вытекают из дефектов предоперационного обследования и планирования вмешательства.

На основании данных компьютерной или магнитно-резонансной томографии для позиционирования БК эндопротеза определяют ключевые анатомические ориентиры, к которым относят хирургическую надмыщелковую (STEА), анатомическую надмыщелковую (АТЕА) и заднюю мыщелковую (PCL) линии. Однако существующие протоколы, основанные на анализе данных лучевой диагностики в стандартных проекциях, не всегда позволяют точно определить

данные ориентиры, особенно на фоне значительных (более 5°) деформаций коленного сустава или дефектов костной ткани (Б.Л. Кобленц, 2024; А.М. Гусейнов, 2024; F. Matassi, 2019; J.H. Nam, 2020).

Сложности при выраженных деформациях возникают и при интраоперационном воспроизведении ранее определенных анатомических ориентиров, что приводит к техническим погрешностям при имплантации компонентов эндопротеза (А.С. Филь, 2020; В.В. Хоминец, 2021; М.Х. Касеер, 2024; В.М. Maciąg, 2024).

Установлено, что традиционная методика позиционирования БК эндопротеза коленного сустава, ориентированная на PCL и предусматривающая наружную ротацию на 3°, приводит к мальротации коленного сустава более чем у 30% пациентов и сопровождается болевым синдромом, а удельный вес наблюдений с величиной ротационной ошибки свыше 5° при определении надмыщелковых эпикондиллярных линий (STEA и ATEA), достигает 56% (J.M. Elkins, 2023; C. Nogalo, 2023; Y. Kokubu, 2024).

Таким образом, точность имплантации компонентов эндопротеза при применении традиционной мануальной техники в значительной степени зависит от опыта и мастерства хирурга, а значит, характеризуется значительной вариативностью. В настоящее время современные системы навигации и роботические технологии значительно уступают традиционной мануальной технике по частоте применения (последняя используется в 90% случаев ТЭКС), что обусловлено требованиями к оснащению операционных, подготовке персонала, высокой себестоимостью операций и ограничениями показаний к их использованию. (В.Ю. Мурылев, 2019; Г.А. Айрапетов, 2023; К.А. Новоселов, 2024; A. Bensa, 2023; C. Nogalo, 2023).

В связи с этим задача разработки методики, позволяющей с большей точностью позиционировать компоненты эндопротеза, применяя мануальную технику, продолжает оставаться актуальной.

Цель и задачи исследования

Улучшить результаты первичной артропластики коленного сустава за счет повышения точности позиционирования бедренного компонента эндопротеза.

1. Определить эффективность использования традиционных ориентиров для позиционирования бедренного компонента эндопротеза коленного сустава при применении мануальной техники.

2. Разработать методику позиционирования бедренного компонента эндопротеза коленного сустава с использованием нового ориентира – передней касательной линии (FAT).

3. Создать алгоритм, определяющий персонализированное применение разработанной методики при первичном ТЭКС.

4. Оценить эффективность предложенной методики и обосновать ее преимущества.

Научная новизна исследования

1. Впервые для позиционирования бедренного компонента эндопротеза коленного сустава предложен новый анатомический ориентир – FAT, проведенная через выступающие пластинки компактного костного вещества дистального метаэпифиза бедренной кости в области верхнего полюса надколенника.

2. Впервые для позиционирования бедренного компонента эндопротеза разработана методика, ориентированная на угол FAT/STEA, защищенная Патентом РФ, а также создана компьютерная программа, защищенная Свидетельством о государственной регистрации, позволяющая при сложной интраоперационной доступности соответствующих ориентиров рассчитать этот угол на основании косвенных показателей.

Теоретическая и практическая значимость работы

1. Разработанная на основе нового анатомического ориентира оригинальная методика предоперационного планирования и интраоперационного позиционирования бедренного компонента эндопротеза коленного сустава, основанная на угле, образованном предложенной новой линией FAT и STEA, позволяет повысить точность ротационной установки бедренного компонента даже

в случаях деформаций мышечков бедренной кости, препятствующих эффективному использованию традиционных ориентиров.

2. Созданная компьютерная программа, используя уравнения, разработанные на основе проведенного регрессионного анализа взаимоотношений углов между анатомическими ориентирами коленного сустава, позволяет рассчитать значение предусмотренного новой методикой угла FAT/STEA даже в случаях недоступности прямых интраоперационных измерений, на основе дополнительных ориентиров.

3. Применение разработанной методики в соответствии с созданным алгоритмом позволяет реализовать персонализированный подход при выполнении ТЭКС с учетом индивидуальных особенностей пациентов. Это исключительно важно в случаях деформаций костных компонентов коленного сустава, часто встречающихся при тяжелых стадиях остеоартрита, и позволяет статистически значимо повысить точность ротационного позиционирования бедренного компонента эндопротеза, снизить число осложнений и мальротаций, улучшить результаты лечения.

Методология и методы исследования

Исследование проведено в три последовательных этапа.

На **первом этапе** были проанализированы компьютерные томограммы коленных суставов 127 пациентов со II-IV степенью тяжести остеоартрита, изучены взаимоотношения между традиционно используемыми анатомическими ориентирами, для планирования и реализации ротационного, и предложен новый ориентир для позиционирования БК эндопротеза коленного сустава – линия FAT.

На **втором этапе** проведен ретроспективный анализ результатов лечения 118 пациентов, которым выполнили первичное ТЭКС с использованием мануальной техники, применяя для позиционирования БК традиционно определяемые ориентиры – STEA, ATEA и PCL. Определены факторы риска, способные повлиять на точность определения этих ориентиров и, соответственно, на точность позиционирования БК. На основе этого анализа были разработаны оригинальная методика с использованием нового ориентира – линии FAT, компьютерная

программа для расчета взаимоотношений новой линии с известными ориентирами, а также алгоритм, определяющий оказания к применению предложенной методики.

На **третьем этапе** разработанные методика и алгоритм были внедрены в клиническую практику и реализованы у 48 пациентов, итоги лечения которых были сопоставлены с результатами, полученными при использовании традиционного подхода (группа сравнения), и продемонстрировали статистически значимое преимущество. С учетом полученных данных были сформулированы рекомендации для практического здравоохранения по применению разработанной методики.

Для выполнения исследования были использованы методы: архивно-аналитический (изучение литературных источников и медицинской документации), клиническое и лучевое обследование, фотометрия, гониометрия, анкетирование пациентов, статистическая обработка полученных данных.

Проведение исследования было одобрено на заседании Комитета по этике ФГБОУ ВО СГМУ им В.И. Разумовского Минздрава России (протокол №3 от 07.10.2025 г).

Положения, выносимые на защиту

1. Использование традиционных анатомических ориентиров для определения ротационного позиционирования БК не во всех случаях применения мануальной техники позволяет соблюсти необходимую степень точности. Прежде всего это связано с недостаточной доступностью традиционно выполняемых интраоперационных измерений. Предложенный новый анатомический ориентир – линия FAT – позволяет повысить точность измерений и, соответственно, ротационного позиционирования БК.

2. Выявленные корреляционные связи между взаимоотношениями анатомических ориентиров коленного сустава и разработанные на этой основе регрессионные уравнения позволяют использовать оригинальную компьютерную программу, способную рассчитать необходимые для реализации предложенной методики параметры даже при невозможности или затруднениях при проведении прямых интраоперационных измерений.

3. Использование разработанной методики уточненного ротационного позиционирования БК позволяет расширить возможности успешного проведения операций с применением мануальной техники, в том числе у проблемного контингента пациентов, имеющих деформации мыщелков бедренной кости.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

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

Степень достоверности и апробация результатов

Актуальность предпринятого исследования, его цель, задачи и дизайн были определены на основе анализа 132 научных публикаций, отражающих современные представления о проблемах первичного ТЭКС. Проанализированы данные обследования и результаты лечения 339 пациентов с остеоартритом коленного сустава различной степени тяжести, что позволило провести полноценный статистический анализ полученных данных и сделать обоснованные выводы. В работе применены методики обследования и контроля, соответствующие современным требованиям к выполнению научных клинических исследований.

Основные положения данной работы были представлены на конференциях с международным участием: V Евразийский Ортопедический Форум (ЕОФ) (19-21 июня 2025 г., Москва); IX Международный конгресс ассоциации ревмоортопедов (12-13 сентября 2025 г., Москва); Международная научно-практическая конференция «Технологические инновации в травматологии, ортопедии и нейрохирургии: интеграция науки и практики», посвященная 80-летию НИИТОН на базе СГМУ им. В.И. Разумовского (19.11.2025 г., Саратов).

Апробация диссертационной работы проведена на научной проблемной комиссии по травматологии, ортопедии и нейрохирургии ФГБОУ ВО СГМУ им. В.И. Разумовского МЗ РФ (протокол № 5 от 30 июня 2025 года).

Внедрение результатов исследования в практику

Полученные результаты исследования и основные положения диссертационной работы внедрены в практическую деятельность отделений НИИТОН ФГБОУ ВО СГМУ им. В.И. Разумовского МЗ РФ.

Материалы исследования используются в учебном процессе на кафедре травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО СГМУ им. В.И. Разумовского МЗ РФ.

Личный вклад автора

Автор на основе всестороннего анализа актуальных литературных источников и собственного опыта определил цель и задачи исследования, разработал его дизайн. В составе коллектива авторов он разработал оригинальную методику лечения пациентов, защищенную Патентом РФ, и принял участие в разработке компьютерной программы, защищенной Свидетельством о государственной регистрации. Им лично были реализованы первый и второй этапы исследования; также он принял участие или лично выполнил более 80% операций проспективного этапа, успешно внедрив в клиническую практику свою оригинальную методику лечения. Им было осуществлено предоперационное обследование, а также послеоперационное ведение, наблюдение и сбор данных всех включенных в исследование пациентов. Автор провел анализ полученных результатов с применением современных статистических методов, сформулировал выводы и практические рекомендации, оформил текст диссертационной работы.

Публикации по теме диссертации

По результатам исследования автором опубликовано 10 печатных работ, в том числе 2 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 медицинских наук; 4 – иные статьи по теме диссертационного исследования; 1 патент на изобретение; 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ; 2 публикации в сборниках материалов научных конференций.

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 153 страницах компьютерного текста, состоит из введения, обзора литературы, трех глав собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, включающего 157 источников (72 отечественных и 85 иностранных) и 2 приложений. Иллюстративный материал представлен 17 таблицами и 40 рисунками.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследования

Исследование проведено в период 2022-2025 гг. на базе НИИТОН ФГБОУ ВО СГМУ им. В.И. Разумовского МЗ РФ в три этапа.

На **первом этапе** исследования была поставлена задача оценить эффективность применения традиционно используемых ориентиров для позиционирования БК с применением мануальной техники, определить факторы риска, являющиеся предикторами недостаточно точного позиционирования, и предложить новый ориентир.

Был проведён анализ компьютерных томограмм 127 пациентов, страдающих остеоартритом коленного сустава II-IV степени тяжести по классификации Kellgren-Lawrence с определением значимости традиционно используемых анатомических ориентиров (STEА, АТЕА и PCL). На основании этого анализа были выявлены факторы риска, влияющие на точность определения используемых ориентиров, и способные привести к развитию интра- и послеоперационных осложнений в отношении позиционирования БК. Предложен новый анатомический ориентир – передняя касательная линия FАТ, проходящая через выступающие части пластинки компактного костного вещества дистального метафиза бедренной кости на уровне верхнего полюса надколенника, а также основанное на этом ориентире соотношение FАТ/STEА для практического использования при позиционировании БК (Рисунок 1).

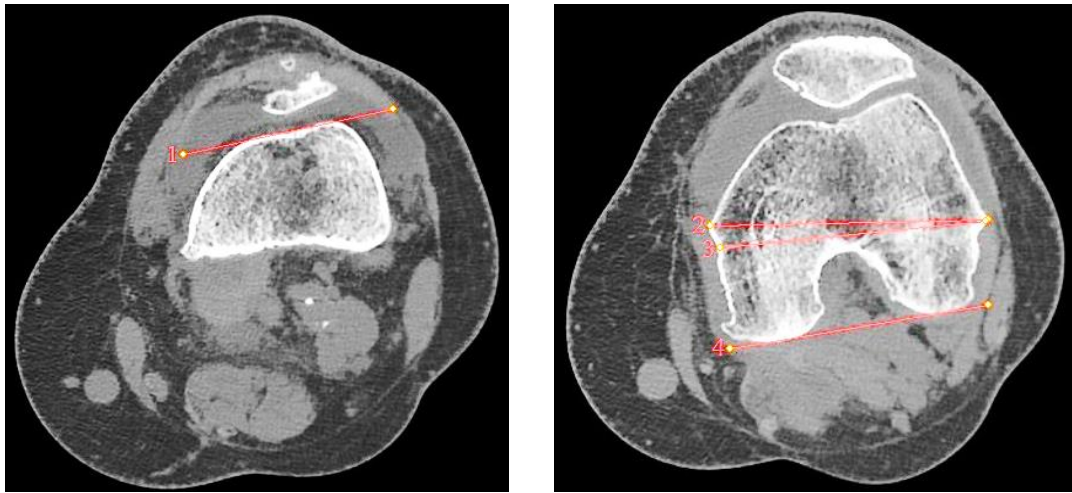


Рисунок 1 – Линии, проведенные на КТ через анатомические фиксированные ориентиры бедренной кости: 1 – FAT, 2 – ATEA, 3 – STEA, 4 – PCL

Измерены все углы между линиями-ориентирами; проведен анализ их корреляции со степенью тяжести остеоартрита и дисперсионный анализ в исследуемой когорте. Выявлена статистически значимая зависимость соотношений, использующих новую линию FAT (FAT/ATEA, FAT/STEA и FAT/PCL), от степени тяжести остеоартрита, в то время как такой корреляции с традиционно используемыми ориентирами (STEA/ATEA, STEA/PCL, ATEA/PCL) не отмечено (Рисунок 2).

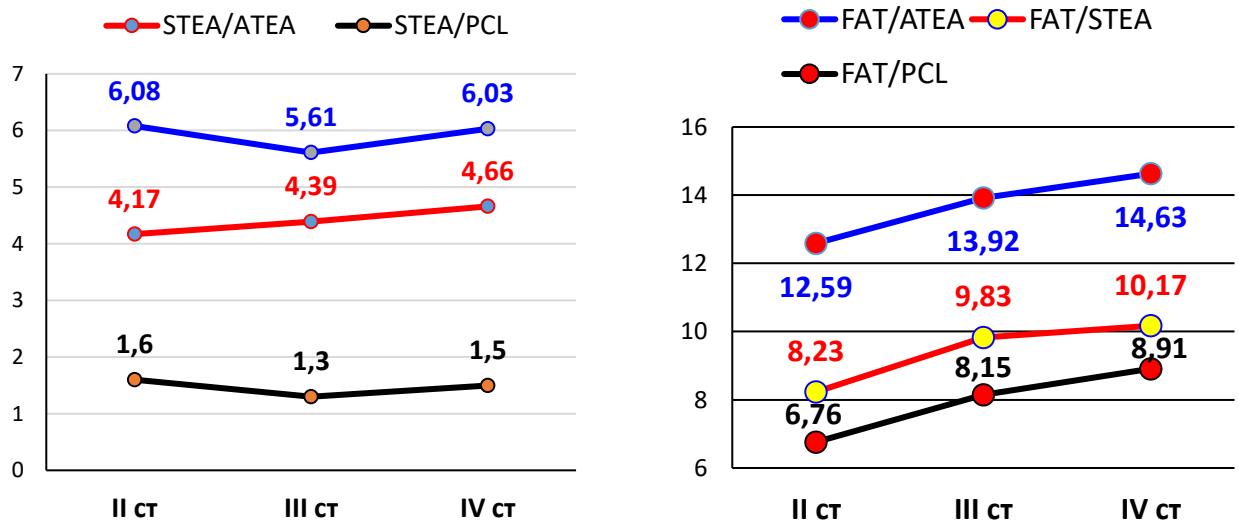


Рисунок 2 – Углы между линиями-ориентирами (значения в градусах)

Корреляционный анализ взаимосвязи величины измеряемых углов между собой показал, что углы, образованные стандартными анатомическими

ориентирами без использования линии FAT, в основном не демонстрировали значимой корреляционной зависимости между собой. В свою очередь, корреляционные зависимости между углами FAT/ATEA, FAT/STEА и FAT/PCL оказались весьма высокими (коэффициенты корреляции превысили 0,86, $p = 0,0000001$). Это говорит о том, что для практических целей достаточно использовать только один из этих параметров, а остальные могут быть на этом основании вычислены (Таблица 1).

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции Пирсона углов, сформированных между фиксированными анатомическими ориентирами бедренной кости

Переменная	Все степени тяжести остеоартрита (n = 127)				
	FAT/ATEA	FAT/STEА	FAT/PCL	STEА/ATEА	ATEА/PCL
FAT/ATEA	X	0,8637 p=0,0000001	0,7728 p=0,0000001	0,1686 p=0,06	0,0821 p=0,35
FAT/STEА	0,8637 p=0,0000001	X	0,7987* p=0,0000001	0,1132 p=0,21	0,0146 p=0,87
FAT/PCL	0,7728 p=0,0000001	0,7987* p=0,0000001	X	0,1577 p=0,07	-0,3196 p=0,00025
STEА/ATEА	0,1686 p=0,06	0,1132 p=0,21	0,1577 p=0,07	X	-0,0512 p=0,56
ATEА/PCL	0,0821 p=0,35	0,0146 p=0,87	-0,3196 p=0,00025	-0,0512 p=0,56	X
Примечание: Звездочкой (*) обозначены значимые корреляции ($p < 0,05$)					

Для такого вычисления нами разработаны регрессионные уравнения, определяющие эти взаимоотношения:

$$\text{FAT/STEА} = 2,978 + 0,572 \times \text{FAT/ATEА} (R^2 = 0,75 \text{ } p < 0,001)$$

$$\text{FAT/STEА} = 3,489 + 0,741 \times \text{FAT/PCL} (R^2 = 0,86 \text{ } p < 0,001)$$

На основе этих уравнений была разработана компьютерная Программа для ЭВМ (Свидетельство о гос. регистрации № 2025667471 РФ), которая позволяет автоматически рассчитать углы, сформированные FAT и другими анатомическими ориентирами (STEА, АТЕА, PCL), используя для этого только одно измеренное соотношение. Эта возможность становится наиболее значимой в случаях выраженных

деформаций коленного сустава, не позволяющих точно определить все используемые при позиционировании БК ориентиры.

На **втором этапе** исследования была разработана методика предоперационного планирования и выполнения операции ТЭКС с применением для позиционирования БК нового ориентира – линии FAT, и определяемого с помощью данной линии угла FAT/STEA. Эта методика защищена Патентом РФ № 2819654 «Способ планирования ротационного позиционирования бедренного компонента эндопротеза коленного сустава». Методикой предусмотрено определение в предоперационном периоде угла FAT/STEA по изображениям, полученным с помощью КТ (Рисунок 3).

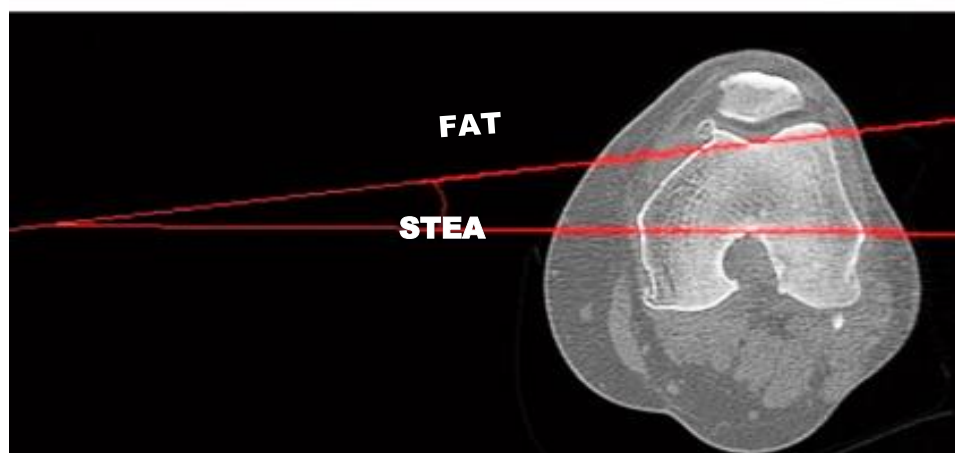


Рисунок 3 – Угол FAT/STEA

В ходе операции линию STEA проецируют под данным углом к FAT, параллельно STEA устанавливают резекционный блок и осуществляют опил дистального конца бедренной кости (Рисунок 4).



Рисунок 4 – Определение STEA с помощью угломера по линии FAT

В тех случаях, когда ввиду технических сложностей (выраженная деформация, дефицит костной массы) линию STEA интраоперационно определить затруднительно или невозможно, предусмотрено использование разработанной компьютерной программы, способной математически рассчитать соотношение FAT/STEA на основании других ориентиров (ATEA или PCL). Данная методика существенно упрощает процесс предоперационного планирования ротации БК и его интраоперационного позиционирования, особенно в условиях выраженных деформаций, обусловленных посттравматическими или дегенеративными изменениями.

На основе разработанной методики предоперационного планирования позиционирования БК и его интраоперационной имплантации был создан алгоритм принятия соответствующих решений. Для этого были проанализированы результаты ТЭКС, выполненных в НИИТОН ФГБОУ ВО СГМУ им. В.И. Разумовского МЗ РФ 118 пациентам, из которых в 35 случаях (29,7%) деформация коленного сустава оценена как *незначительная* ($< 5^\circ$), а в 83 случаях (70,3%) – как *выраженная* ($\geq 5^\circ$). Все пациенты имели остеоартрит коленного сустава III-IV степени тяжести по классификации Kellgren-Lawrence, средние показатели возраста составили 50,5 лет, индекса массы тела – 30,5 кг/м².

В группе с *незначительной* деформацией соотношение PCL/STEA в ходе операции было определено без технических сложностей, и БК, ориентированный в соответствии с этим соотношением, был установлен без отклонений от заданных параметров, что подтвердилось послеоперационным КТ-исследованием.

В группе с *выраженной* деформацией ($n = 83$) технические сложности при определении указанных линий в ходе операции возникли в 58 случаях (69,9%), что увеличило время вмешательства в среднем на 15,5 минут, и у 31 пациента (37,3%) привело к мальротации БК, превышающей 5° , ввиду неточности его позиционирования, что было подтверждено послеоперационным КТ-исследованием.

Данные наблюдения позволили определить среди пациентов группу риска, в которой применение традиционных ориентиров чревато неточностями

позиционирования БК. К такой группе риска мы отнесли клинические случаи деформаций коленного сустава, превышающей 5° , что требует использования предложенной нами новой линии FAT и соотношения FAT/STEA. Эти ориентиры можно или определить непосредственно в ходе выполнения операции, или математически рассчитать по разработанным формулам на основании измерения других, более доступных для определения ориентиров, с помощью разработанной компьютерной программы. Кроме деформаций коленного сустава в группу риска мы включили и пациентов с костными дефектами мыщелков бедра, при которых сложности с интраоперационным определением стандартных линий-ориентиров очевидны из-за нарушения анатомических взаимоотношений в суставе.

Таким образом, был сформулирован инновационный алгоритм выбора оптимальной тактики при позиционировании БК (Рисунок 5).

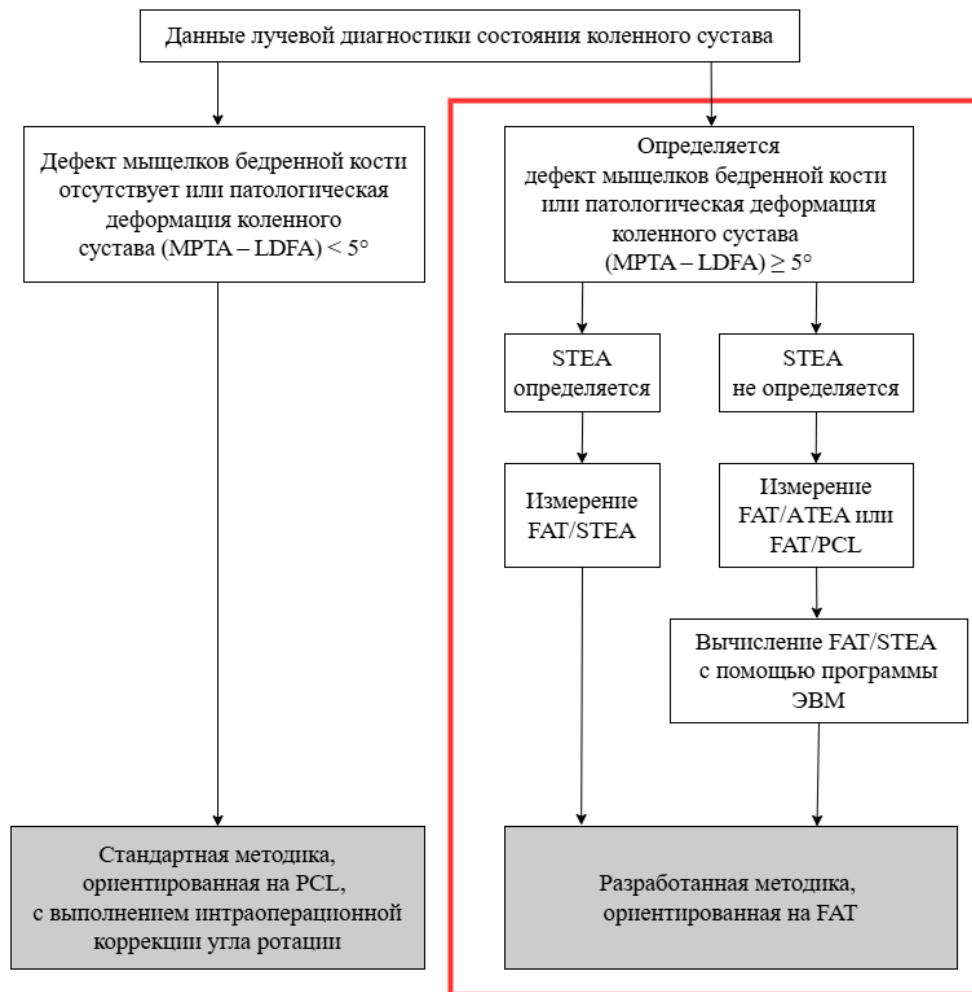


Рисунок 5 – Алгоритм планирования ротации бедренного компонента эндопротеза коленного сустава

В случаях отсутствия дефектов мыщелков бедренной кости или незначительной деформации оси коленного сустава, не превышающей 5° , считали возможным использовать традиционные ориентиры, применяя в качестве ведущего параметра угол PCL/STEА. При наличии дефектов мыщелков бедренной кости или деформации коленного сустава, превышающей 5° , считали показанным использование линии FАТ. Если было возможно определить линию STEА, угол FАТ/STEА определяли непосредственно. Если определение ориентира STEА было технически затруднено или невозможно, использовали другие ориентиры (АТЕА, PCL), и с помощью разработанной компьютерной программы рассчитывали по соответствующим формулам значение угла FАТ/STEА по соотношениям FАТ/АТЕА или FАТ/PCL.

На **третьем этапе** разработанный нами алгоритм, предусматривающий по соответствующим показаниям применение разработанной методики планирования и позиционирования БК, был внедрен в клиническую практику.

В проспективное исследование третьего этапа включили только тех пациентов, у которых деформация коленного сустава превысила 5° , то есть, в соответствии с алгоритмом, для планирования и осуществления установки БК им было показано использование соотношения FАТ/STEА. В качестве критерия включения пациентов в проспективный этап исследования определили наличие показания для выполнения первичного ТЭКС по поводу деформирующего остеоартрита. У всех пациентов проспективного этапа был диагностирован остеоартрит коленного сустава III-IV степени по классификации Kellgren-Lawrence. Уровень боли при первом визите в ходе предоперационного обследования превышал 7 баллов по 10-балльной шкале ВАШ, показатели функции коленного сустава по результатам анкетирования находились по всем использованным шкалам в оценочном диапазоне «неудовлетворительно» (KSS-клиническая и KSS-функциональная < 60 баллов, WOMAC > 40 баллов).

В исследовании участвовало 94 пациента: 48 в основной группе и 46 в группе сравнения, которые соответствовали перечисленным критериям и были полностью сопоставимы по всем основным параметрам (пол, возраст, индекс массы тела, степень тяжести патологии, уровень боли, показатели функциональных шкал).

После операции медианное значения достигнутого угла STEA/PCL в основной группе составили $0,7^\circ$, что означает практически полное выравнивание деформации, тогда как в группе сравнения этот показатель составил в среднем $3,4^\circ$, то есть больше на $2,7^\circ$ или в 4,8 раза, что говорит о статистически значимой значительно большей точности ротационного позиционирования бедренного компонента эндопротеза ($p = 0,0046$). Это свидетельствует о более ощутимом влиянии предложенного способа определения ротации БК по линии FAT (основная группа) на показатель STEA/PCL по сравнению со стандартной методикой.

Отмечена также высокая корреляционная связь между всеми углами, образованными с применением нового ориентира FAT (FAT/STEA & FAT/ATEA; FAT/STEA & FAT/PCL; FAT/ATEA & FAT/PCL), что подтверждает эффективность разработанной методики позиционирования БК.

Наблюдение за пациентами в течение 1 года после операции показало, что в основной группе боль была практически полностью купирована (0 балла по ВАШ), тогда как в группе сравнения этот медианный показатель составил 2,0 балла (умеренная боль). Это было на 2,0 балла выше, чем в основной группе, что является статистически и клинически значимым отличием ($p < 0,05$) (Рисунок 6).

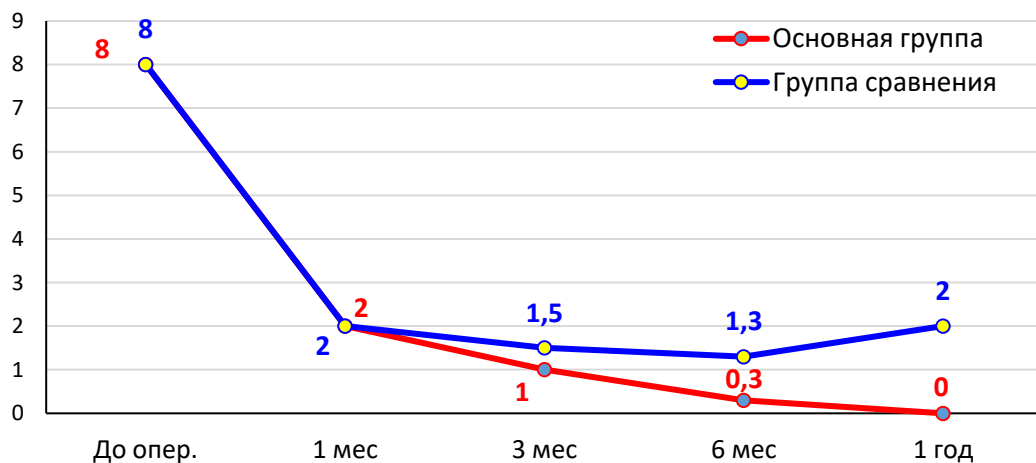


Рисунок 6 – Динамика медианных показателей боли по ВАШ (баллы)

Шкалы-опросники также показали лучшие результаты в основной группе. Медианный показатель по шкале «KSS-клиническая» к 1 году наблюдения в

основной группе составил 91,5 балла («отлично»), а в группе сравнения – 79 баллов («хорошо»); различие составило 12,5 баллов ($p < 0,05$). Медианный показатель по шкале «KSS-функциональная» к 1 году наблюдения в основной группе составил 90 баллов («отлично»), а в группе сравнения – 83 балла («хорошо»); различие составило 7 баллов ($p < 0,05$). Медианный показатель по шкале WOMAC к 1 году наблюдения в основной группе составил 10 баллов («отлично»), а в группе сравнения – 20 баллов («хорошо»); различие составило 10 баллов ($p < 0,05$) (Рисунок 7).

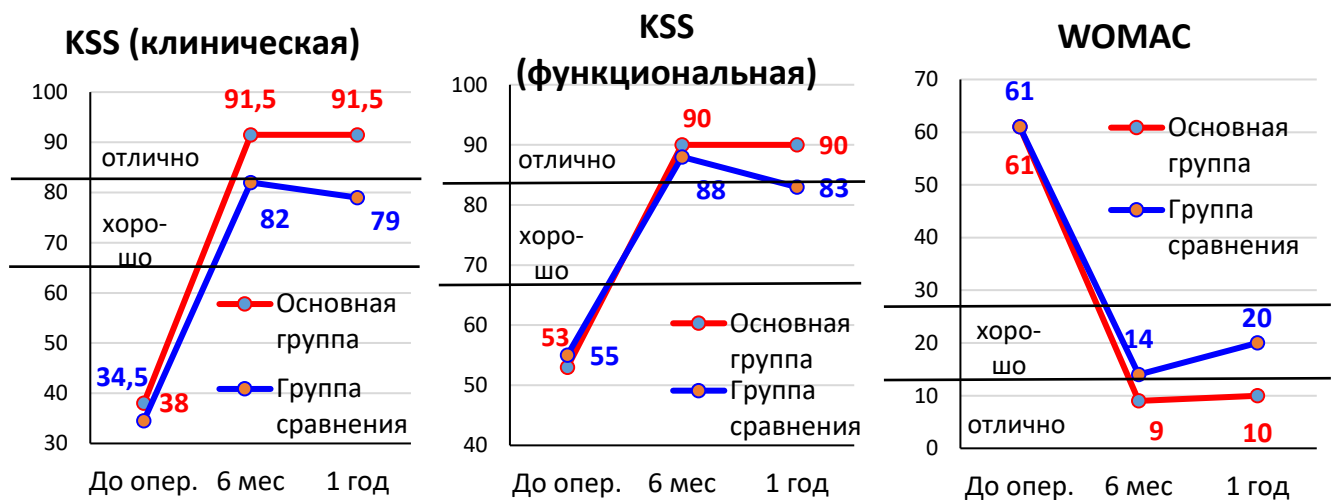


Рисунок 7 – Динамика медианных показателей функции коленного сустава в группах наблюдения (баллы)

Обращает на себя внимание, что в группе сравнения по всем шкалам отмечено некоторое ухудшение результатов в интервале от 6 месяцев до 1 года, тогда как в основной группе средние результаты были стабильны и практически не менялись. Это можно объяснить 6 случаями мальротации БК в группе сравнения (13,0%), что у одного пациента привело к прогрессированию дислокации и потребовало повторной операции. Эти осложнения повлияли на средние значения достигнутых результатов в отношении как функциональных шкал, так и амплитуды движений.

К 1 году наблюдения медианный показатель сгибания в коленном суставе в основной группе был лучше, чем в группе сравнения, на 10° , а разгибания – на 6° . При этом в основной группе эти средние показатели находились в диапазоне

описанной в литературе нормы, тогда как в группе сравнения уступали нормальным (Рисунок 8).

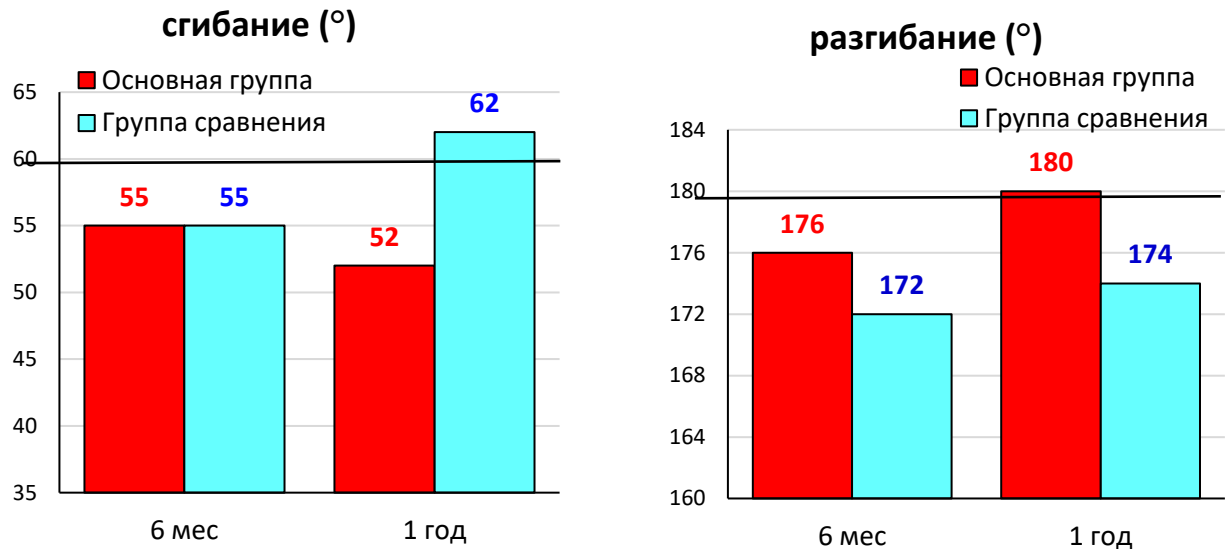


Рисунок 8 – Динамика медианных показателей амплитуды движений в коленном суставе после операции в группах наблюдения

Удовлетворенность пациентов результатами лечения также была статистически значимо лучше в основной группе, в которой на «отлично» оценили результат 93,8% пациентов, тогда как в группе сравнения этот показатель составил 78,3%, что на 15,5% меньше ($p < 0,05$). По трехбалльной шкале вербальной оценки (ШВО) средний балл в основной группе составил 2,94 против 2,67 в группе сравнения. Такая средняя оценка удовлетворенности результатами лечения у пациентов основной группы является очень высокой, так как максимально приближена к стопроцентной (3 балла).

Клинический пример (основная группа). Пациент Б., 61 года, поступил для выполнения ТЭКС с диагнозом правосторонний гонартроз IV ст. Вальгусная деформация правого коленного сустава (НКА = 173°, МРТА - LDFA = 7,0°) (рисунок 9). Боль 8 баллов по ВАШ, KSS клиническая 32 балла, KSS функциональная – 45 баллов, WOMAC – 60 баллов («неудовлетворительно»).

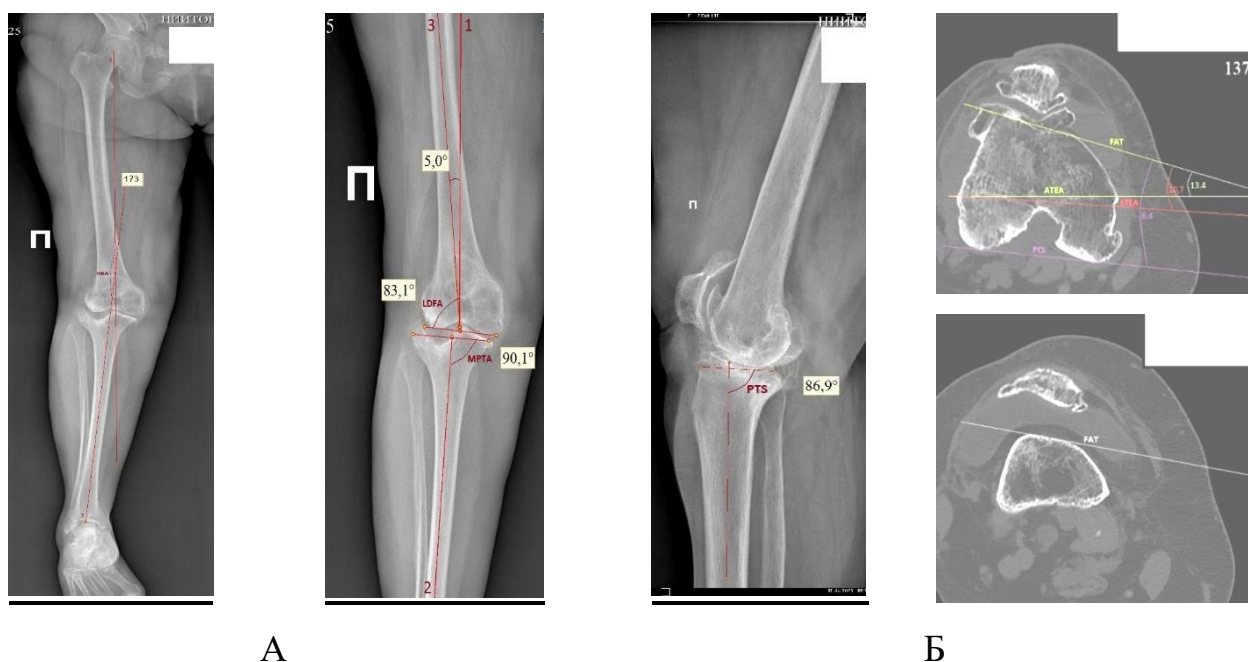


Рисунок 9 – Пациент Б. до операции: А – Рентгенография коленного сустава (НКА = 173°, LDFA = 83,1°, MPTA = 90,1° (LDFA - MPTA = 7,0°), Б – компьютерная томография (линия FAT, углы FAT/ATEA = 13,4°, FAT/STEA = 10,7°, FAT/PCL = 6,4°)

Произведена дистальная резекция бедренной кости с углом вальгуса 5° и определена ротация резекционного блока 4/1 по углу FAT/STEA = 10,7°. Итоговая проверка показала полное восстановление баланса боковых связок, стабилизацию сустава с амплитудой движений 110°, достижением требуемого угла вальгуса, равного 5° (Рисунок 10).

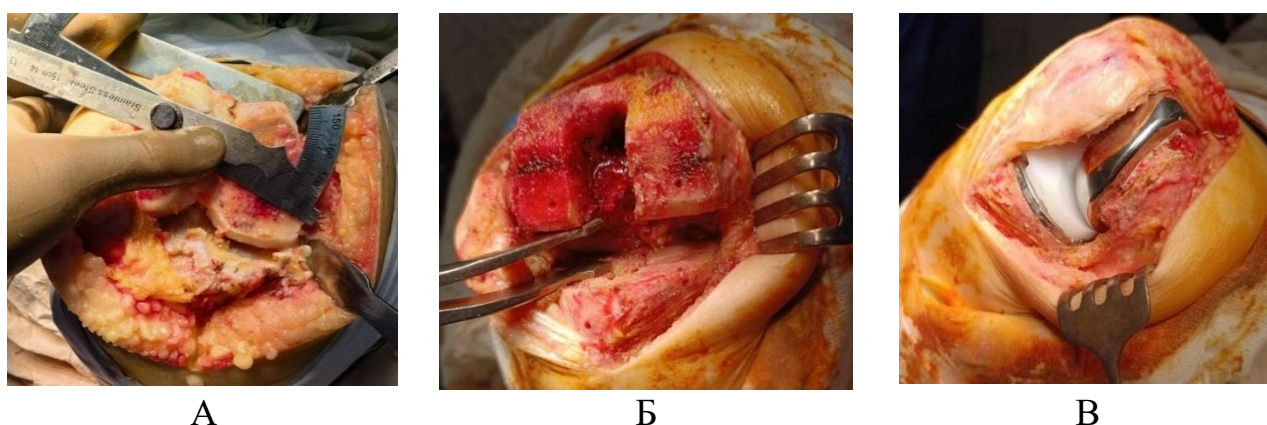


Рисунок 10 – Пациент Б., ход операции: А – определение соотношения FAT/STEA; Б – проверка костных опилов; В – итоговая проверка баланса

Контроль после операции: LDFA = 90,2°, MPTA = 90° (LDFA - MPTA = 0,2°), STEA/PCL = 1° наружной ротации, НКА = 180° (Рисунок 11).

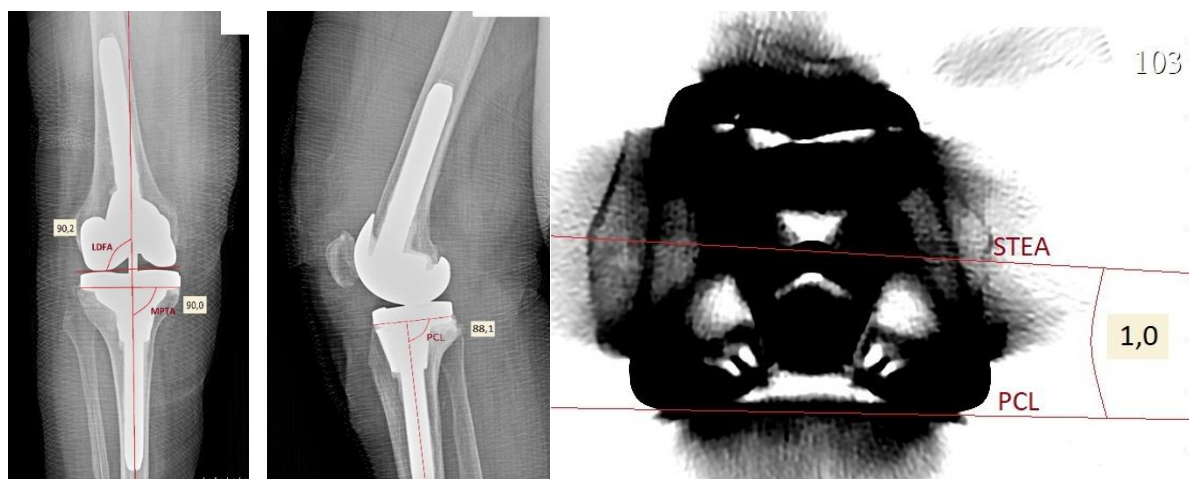


Рисунок 11 – Пациент Б. Правый коленный сустав после операции:
 $LDFA=90,2^\circ$, $MPTA = 90^\circ$ ($LDFA - MPTA = 0,2^\circ$), $STEA/PCL = 1,0^\circ$

Через 1 год боль полностью купирован (0 баллов), KSS клиническая 90 баллов, KSS функциональная 94 балла, WOMAC 9 баллов («отлично»). Пациент полностью удовлетворен результатом операции (3 балла по ШВО).

Таким образом, применение у пациентов с деформацией коленного сустава, превышающей 5° , оригинальной методики предоперационного планирования и интраоперационной установки бедренного компонента эндопротеза коленного сустава в соответствии с разработанным алгоритмом и с использованием нового ориентира – линии FAT и угла FAT/STEA, позволило статистически значимо улучшить результаты лечения. В основной группе пациентов удалось повысить точность позиционирования БК в среднем на $2,54^\circ$, к 1 году наблюдения не отмечено осложнений в виде мальротации, полностью купирована боль, показатели функции коленного сустава по результатам анкетирования были лучше на 10-15 баллов, а доля пациентов, оценивших результат лечения как «отличный», достигла 93,8%, что больше, чем в группе сравнения, на 15,5%.

Полученные результаты позволяют рекомендовать использовать новую линию FAT и угол FAT/STEA для определения ротационного положения БК у пациентов со значительными деформациями коленного сустава или дефектами мышечков бедренной кости при планировании и выполнении ТЭКС, применяя разработанные методику и алгоритм в клинической практике.

ВЫВОДЫ

1. При деформациях коленного сустава $\geq 5^\circ$ определение традиционных ориентиров для позиционирования бедренного компонента эндопротеза в 69,9% случаев было затруднено, что у 13,0% пациентов после операции привело к клинически и рентгенологически верифицированной мальротации бедренного компонента, а в одном наблюдении потребовало ревизионного вмешательства.

2. Предложенный новый ориентир (линия FAT) и разработанная компьютерная Программа расчета угла FAT/SREA по косвенным параметрам показали коэффициент детерминации свыше 0,80, что подтвердило надежность данной методики, позволив существенно упростить предоперационное планирование и интраоперационное позиционирование бедренного компонента эндопротеза при выраженных деформациях коленного сустава.

3. Разработанный алгоритм выбора тактики при деформациях коленного сустава $> 5^\circ$ позволил сократить среднее время операции на 15,5 минут и полностью исключить случаи послеоперационной мальротации бедренного компонента эндопротеза

4. Клиническое применение разработанной методики позиционирования бедренного компонента эндопротеза коленного сустава позволило к 1 году наблюдения добиться лучших средних значений показателя боли по ВАШ на 2,0 балла, по функциональным шкалам KSS WOMAC на 10-15 баллов и получить от пациентов оценку результатов лечения «отлично» в 93,8% случаев, что на 15,5% больше, чем в группе сравнения.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для предоперационного планирования и интраоперационного позиционирования бедренного компонента эндопротеза коленного сустава целесообразно использовать новый ориентир – линию FAT, соединяющую дистальные метаэпифизы бедренной кости на уровне верхнего полюса надколенника. Определение FAT при выраженных ($\geq 5^\circ$) деформациях коленного сустава технически проще, чем традиционно используемых ориентиров, что позволяет повысить точность измерений и сократить время операции.

2. Позиционирование бедренного компонента эндопротеза коленного сустава в соответствии с разработанной методикой следует осуществлять на основе угла FAT/STEА. Для случаев, когда линию STEА ввиду деформации сустава определить затруднительно, разработаны специальные формулы косвенного определения этого параметра с помощью специальной компьютерной Программы, защищенной Свидетельством РФ, которая определяет корреляцию угла FAT/STEА с показателями FAT/АTEА или FAT/PCL.

3. Разработанная методика позиционирования бедренного компонента эндопротеза коленного сустава с применением линии FAT показала свою эффективность и статистически значимое преимущество перед методикой, использующей традиционные ориентиры, у пациентов с выраженной деформацией коленного сустава (соотношение MPТА - LDFA $\geq 5^\circ$). При меньших деформациях сложности с определением ориентиров, как правило, не возникают, что позволяет наряду с нашей методикой использовать и традиционные параметры.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Локальные изменения соединительной ткани и системные проявления первичного остеоартроза у лиц с высоким потенциальным риском его развития / С. В. Белова, Е. В. Гладкова, **Р. А. Зубавленко**, Н. А. Ромакина, В. Ю. Ульянов // Профилактическая и клиническая медицина. – 2019. – № 2 (71). – С. 68-73.

2. Системные проявления первичного остеоартроза коленных суставов у пациентов на ранней стадии его развития / С. В. Белова, Е. В. Гладкова, **Р. А. Зубавленко**, В. Ю. Ульянов // **Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье.** – 2021. – № 2 (50). – С. 71-78. – DOI: 10.20340/vmirvz.2021.2.CLIN.5.

3. **Патент на изобретение № 2819654** Российская Федерация, МКП А61В 17/56 (2006.01), А61В 17/56 (2024.01). Способ планирования ротационного позиционирования бедренного компонента эндопротеза коленного сустава : № 2023113161 : заявл. 22.05.2023 : опубл. **22.05.2024** / **Р. А. Зубавленко**, В. Ю. Ульянов, Ю. Ю. Рожкова, А. Ю. Максимов, А. В. Лычагин // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – **Бюллетень № 15.**

4. **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025667471** Российская Федерация. Программа автоматического

определения углов между идентифицируемыми фиксированными анатомическими ориентирами для ротационного позиционирования бедренного компонента эндопротеза коленного сустава – программа для ЭВМ : № 2025666333 : заявл. 10.06.2025 : **опубл. 04.07.2025 / Р.А. Зубавленко, В.В. Островский** // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – Бюллетень № 7.

5. **Зубавленко, Р. А.** Специфика ротационного планирования и интраоперационного размещения бедренного компонента эндопротеза коленного сустава с применением навигационных устройств / Р. А. Зубавленко, Д. А. Марков, В. В. Островский // Гений ортопедии. – 2025. – Т. 31. – № 4. – С. 537-545. – DOI: 10.18019/1028-4427-2025-31-4-537-545.

6. Особенности мальротации бедренного компонента в контексте тотального эндопротезирования коленного сустава / **Р.А. Зубавленко** // V Евразийский ортопедический форум. - Москва, 19-21 июня 2025 года (e-poster).

7. Возможности предоперационного анализа ротации бедренного компонента эндопротеза в контексте тотального эндопротезирования коленного сустава. / **Р.А. Зубавленко, О.Ю. Воскресенский, О.Л. Емкужев, К.М. Мурадалиев, Г.А. Шаталин, В.В. Островский** // В сб: Технологические инновации в травматологии, ортопедии и нейрохирургии: интеграция науки и практики. - Саратов, 19 ноября 2025 года. - С. 58-60.

8. **Зубавленко, Р. А.** Специфика ротации бедренного компонента эндопротеза в контексте тотальной артропластики коленного сустава / Р. А. Зубавленко, В. В. Островский // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2026. – Т. 33. – № 2. – С. 428-437. – DOI: 10.17816/vto677102.

9. **Зубавленко, Р.А.** Персонализированная техника ротационного позиционирования бедренного компонента эндопротеза коленного сустава / Р. А. Зубавленко, В. В. Островский, О. Ю. Воскресенский // **Саратовский научно-медицинский журнал.** – 2026. – Т. 22. – № 1. – С. 24-31. – DOI: 10.15275/ssmj2201024.

10. Персонализированный метод определения ротации бедренного компонента при тотальном эндопротезировании коленного сустава / **Р. А. Зубавленко, В. В. Островский, С. В. Белова, Д. А. Марков** // Гений ортопедии. – 2026. – Т.32. – № 3. – С. 321-330. – DOI: 10.18019/1028-4427-2026-32-3-321-330.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ВАШ – визуальная аналоговая шкала

КТ – компьютерная томография

МРТ – магнитно-резонансная томография

НИИТОН ФГБОУ ВО СарГМУ им. В.И. Разумовского МЗ РФ – научно-исследовательский институт травматологии, ортопедии и нейрохирургии Федерального бюджетного образовательного учреждения высшего образования Саратовский государственный медицинский университет им. В.И.Разумовского Министерства здравоохранения Российской Федерации

ОА – остеоартрит

ТЭКС – тотальное эндопротезирование коленного сустава

ШВО – шкала вербальной оценки

АТЕА (Anatomical Trans-Epicondylar Axis) – анатомическая надмыщелковая линия

СТ (Combined Technique) – комбинированная техника

FAT (Front Anterior Tangent) – передняя касательная линия

GT (Gap Technique) – техника балансировки зазора

KSS (Knee Society Score) – шкала Американского общества коленного сустава

НКА (Hip-Knee-Ankle Angle) – механический угол коленного сустава

LDFA (Lateral Distal Femoral Angle) – латеральный дистально-бедренный угол

МРТА (Medial Proximal Tibial Angle) – медиальный проксимально-тибиальный угол

MR (Measured Resection) – техника измеряемой резекции

PCL (Posterior Condylar Line) – задняя мыщелковая линия

PTS (Posterior Tibial Slope) – угол заднего наклона большеберцовой кости

STEА (Surgical Trans-Epicondylar Axis) – хирургическая надмыщелковая линия

TEA (Transepicondylar Axis) – надмыщелковая эпикондилярная линия

WL (Whiteside Line) – линия надколенниковой борозды

WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index) – индекс оценки остеоартрита