

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



Пан Чжэньюй

**Моделирование пространственной ориентации компонентов
при ревизионном эндопротезировании коленного сустава**

3.1.8. Травматология и ортопедия

Диссертация

на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, профессор

Лычагин Алексей Владимирович

Москва – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ КОМПОНЕНТОВ ПРИ РЕВИЗИОННОМ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).....	13
1.1 Определение уровня уставной щели коленного сустава в норме.....	14
1.2 Позиционирование уровня сгибательной щели при первичном эндопротезировании коленного сустава.....	16
1.3 Восстановление уровня щели коленного сустава при ревизионном эндопротезировании.....	22
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	26
2.1 Дизайн исследования.....	26
2.2 Материалы и методы исследования.....	28
2.2.1 Характеристика пациентов и методы исследования I этапа.....	28
2.2.2 Характеристика пациентов и методы исследования II этапа.....	34
2.2.3 Характеристика пациентов и методы исследования III этапа.....	39
2.3 Статистическая обработка данных исследования.....	42
ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СУСТАВНОЙ ЩЕЛИ ПРИ РЕВИЗИОННОМ ПРОТЕЗИРОВАНИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА.....	46
3.1 Методика позиционирования сгибательного промежутка.....	46
3.2 Методика позиционирования разгибательного промежутка.....	49
ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СУСТАВНОЙ ЩЕЛИ ПРИ РЕВИЗИОННОМ ПРОТЕЗИРОВАНИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА.....	58
4.1 Результаты I этапа исследования.....	58
4.2 Результаты II этапа исследования.....	63
4.3 Результаты III этапа исследования.....	70
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	78
ВЫВОДЫ.....	87

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	88
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	89
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	92
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	107

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Одним из залогов успеха первичной и ревизионной артропластики коленного сустава является правильная пространственная ориентация компонентов эндопротеза во всех трех плоскостях, в частности правильное ротационное положение бедренного и большеберцовых компонентов, а также правильное восстановление сгибательного и разгибательного промежутков. Напротив, ошибки приводят к нарушению функционирования разгибательного аппарата коленного сустава, ограничению движений, болевому синдрому ускоренному износу и расшатыванию компонентов [32, 103,]. Это подтверждается литературными данными (до 30 % пациентов не удовлетворены результатами), несмотря на то, что тотальное эндопротезирование названа одной из самых успешных операций при лечении остеоартроза коленного сустава [26].

Растущие возможности методов визуализации структур опорно-двигательного аппарата позволяют эффективно диагностировать патологические изменения, наблюдать и оценивать динамику их развития. Рентгенологические методы диагностики заболеваний, деформаций и травм коленного сустава (КС), как одного из наиболее уязвимых уже давно стали рутинными, а возможности МРТ и КТ визуализации постоянно совершенствуются и диагностическая роль уточняется [5, 14].

В клинической практике уровню суставной щели коленного сустава все большее значение придается при первичных и ревизионных оперативных вмешательствах, поэтому внимание ортопедов всего мира сосредоточено на вопросах планирования и послеоперационного контроля [6, 12, 17, 41].

Это является одной из наиболее сложных задач при тотальном эндопротезировании коленного сустава (ТЭКС), как визуализировать и сохранить

нормальную линию коленного сустава [32, 107]. Высокая или низкая дистальная резекция бедренной кости может привести к смещению линии сустава и высокому или низкому стоянию надколенника, что может привести к неблагоприятным клиническим результатам, неправильной траектории движения надколенника в пателло-фemorальном сочленении, возникновению деформации надколенника и болевому синдрому [127, 129].

Плохо сбалансированный, нестабильный или тугоподвижный сустав является основной причиной остаточной боли [125], неудовлетворенности [50] и ревизии после тотального эндопротезирования коленного сустава (ТЭКС) [20, 62, 79, 93, 134]. Однако, количественное определение хорошо сбалансированного сустава остается предметом споров [58].

Многие авторы считают с этой клинической проблемой, и выступают за создание баланса между сгибательным и разгибательным промежутками коленного сустава во время операции [44, 117]. Стандартным решением при сгибательной контрактуре коленного сустава является увеличение (+2 мм) дистальной резекции бедренной кости, что увеличивает разгибательный промежуток и дает полное разгибание коленного сустава, однако при этом не всегда остается баланс со сгибательным промежутком, который бывает тоже необходимо регулировать. Увеличение дистальной резекции бедренной кости поднимает линию сустава, что может сказаться на пателло-фemorальном сочленении и явиться причиной передней боли в коленном суставе после эндопротезирования [115].

Уровень щели коленного сустава является величиной постоянной, но баланс сгибательно-разгибательного промежутка зависит от положения коленного сустава, многие исследователи [56] показали, что если размер сгибательного промежутка превышает размер разгибательного, то это с одной стороны дает хороший объем движений в послеоперационном периоде. Однако с другой стороны дисбаланс суставной щели при сгибательном положении конечности в промежутке между 0° и 90° сгибания, приводит образованию зазора между

бедренным компонентом и вкладышем после операции [38], что ускоряет износ полиэтилена в 2–3 [70].

Особые трудности вызывает точное восстановление данного уровня при ревизионном эндопротезировании коленного сустава, в условиях дефицита анатомических ориентиров. Ошибка приводит к нарушению функционирования разгибательного аппарата коленного сустава, ограничению движений и болевому синдрому [32].

Интраоперационно можно использовать следующие ориентиры для восстановления уровня суставной щели: надмыщелки бедренной кости, головка малоберцовой кости и бугристость большеберцовой кости [85].

Технические приемы, распространенные среди хирургов, могут быть разные способы восстановления уровня суставной щели, Mason M. et al. (2006) предложил позиционировать суставную щель: «на два пальца выше бугристости большеберцовой кости», «на уровне нижнего полюса надколенника при разогнутом коленном суставе», «на 2 см выше вершины головки малоберцовой кости» [87]. Недостатком данного метода является его неточность, зависящая от ряда факторов: толщина пальцев хирурга, индивидуальная анатомия пациента и т. д.

Также известна методика применения индивидуальных резекционных блоков, создаваемых на 3D принтере, на основании данных компьютерной томографии, для правильного позиционирования компонентов эндопротеза, в частности восстановления уровня суставной щели [113]. Однако, данная методика применяется для первичного эндопротезирования коленного сустава и невозможна для ревизионного (протяженность костных дефектов после удаления первичных компонентов эндопротеза предсказать невозможно).

Большую точность для восстановления уровня суставной щели при ревизионном эндопротезировании коленного сустава может дать применение компьютерной навигации. Однако применение навигации требует интраоперационного определения большого количества анатомических

ориентиров, которых, как уже говорилось выше, может и не быть в условиях значительного дефицита кости. Применение как навигационных, так и роботических систем при ревизионном эндопротезировании сильно ограничено [29].

Некоторые авторы предлагают определять необходимый уровень суставной щели по здоровой контралатеральной стороне, либо, если поражение двустороннее – в среднем 14 мм от верхушки головки малоберцовой кости [9]. Остается технической проблемой разработка способа восстановления уровня суставной щели при ревизионном эндопротезировании коленного сустава, одним из подходящих анатомических ориентиров, хорошо определяемых на рентгенограммах и КТ, и на операции – это головки малоберцовой кости с оперируемой стороны [1].

Таким образом, несмотря на выдающиеся успехи эндопротезирования коленного сустава, остаются неясными вопросы большого количества неудовлетворенных пациентов субъективными проблемами связанными с восстановлением функции нижней конечности. Одним из путей решения данной научной задачи является изучение точности позиционирования протеза, который тесно связан с анатомическими ориентирами бедренной и большеберцовой костей образующих сустав и методами их инструментальной и интраоперационной идентификации.

Степень разработанности темы исследования

Данная тема исследования в научной литературе возникла сразу при разработке современных методов имплантации эндопротезов, затем снова интерес к ней возник после получения отдаленных результатов первичной артропластики, анализе причин ревизионного эндопротезирования коленного сустава, и не снижается по мере появления новых возможностей визуализации структур

коленного сустава до и после операции. В общем, становятся понятными стремления хирургов к точным методам, которые можно применить к большей части коленных суставов, для достижения этой цели во многих исследованиях измеряли абсолютные расстояния от достаточно четких ориентиров до уровня суставной щели, которые можно определять на томограммах и интраоперационно, но их результаты показали большую вариабельность в зависимости от возраста, пола, массы тела индексы и расы [52, 64, 120]. Таким образом мы видим большую разнородность мнений, что основные проблемы в определении уровня щели сустава, величины возможной ошибки и определении ее коридора, которые влияют на послеоперационные результаты. Это затруднило корреляционный анализ ревизионной хирургии коленного сустава, кроме этого были различия в методиках исследования результатов и методе оценка линии сустава, которые могут повлиять на результаты [46, 100].

Поэтому вопросы позиционирования имплантата, баланса сгибательно-разгибательного промежутков коленного сустава являются актуальными, поиск новых путей решения данной научной задачи поможет улучшить результаты первичного и ревизионного эндопротезирования коленного сустава, что и обусловило цель и задачи настоящего исследования.

Цель исследования

Улучшить результаты ревизионного эндопротезирования коленного сустава путём повышения точности позиционирования компонентов эндопротеза.

Задачи исследования:

1. Изучить варианты положения суставной щели относительно головки малоберцовой кости у здоровых пациентов и сравнить их статистическую достоверность.
2. Изучить влияние изменения уровня суставной щели и сгибательного промежутка на результаты первичного эндопротезирования.
3. Разработать методику расчёта положения суставной щели и сгибательно-разгибательных промежутков при ревизионном эндопротезировании коленного сустава.
4. Разработать инструмент для точной установки суставной щели при ревизионном эндопротезировании коленного сустава.
5. Оценить результаты ревизионного эндопротезирования коленного сустава в разных группах пациентов и влияние на них уровня суставной щели.

Научная новизна

1. Впервые показана диагностическая точность различных инструментальных методов определения анатомических ориентиров коленного сустава в норме и при остеоартрозе.
2. Разработан новый метод расчета уровня щели коленного сустава для прецизионного формирования сгибательно-разгибательного промежутков.
3. Впервые применен в клинической практике разработанный авторский набор инструментов для позиционирования эндопротеза коленного сустава при первичной и ревизионной артропластике.
4. Показана степень влияния точности позиционирования щели коленного сустава и баланса сгибательно-разгибательного промежутков на результаты первичного и ревизионного эндопротезирования коленного сустава.

Теоретическая и практическая значимость работы

1. Предложенный диагностический алгоритм для определения нормальной линии коленного сустава позволяет повысить точность предоперационного планирования и оценки положения компонентов эндопротеза коленного сустава после операции.

2. Применение специального авторского устройства позволяет более точно позиционировать уровень суставной щели коленного сустава и сгибательно-разгибательные промежутки при первичном и ревизионном эндопротезировании.

3. Показано влияние прецизионного восстановления уровня коленного сустава и сгибательно-разгибательного промежутков на результаты и функцию нижней конечности после хирургического лечения остеоартроза.

Методология и методы исследования

Диссертационная работа представляет собой проспективное одноцентровое клиническое исследование, проведенное в три последовательных этапа, основанное на изучении особенностей коленного сустава здорового человека (333 пациента), второй и третий этапы исследования являлись рандомизированными и контролируемые с первичным (60 пациентов) и ревизионным (70 пациентов) эндопротезированием коленного сустава. Вычисляли средние величины и стандартную ошибку, сравнивали значения переменных в группе до операции и в процессе наблюдения до 1 года и между группами используя коэффициенты Стьюдента и χ^2 . Значение $p < 0,05$ считалось статистически значимым в этом исследовании. Применявшиеся методы статистической обработки были выбраны в соответствии с дизайном исследования и поставленным задачам.

Положения, выносимые на защиту

1. Для определения местонахождения нормальной линии коленного сустава достоверным и надежным ориентиром является уровень линии коленного сустава, измеренный по компьютерной томографии от головки малоберцовой кости в фронтальной плоскости.
2. Для точного позиционирования компонентов эндопротеза коленного сустава в соответствии с проведенным планированием целесообразно использовать специальный инструментарий, разработанный для решения этих задач.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Научные положения диссертации соответствуют формуле научной специальности 3.1.8 - Травматология и ортопедия. Результаты проведенного исследования соответствуют области исследования специальностей, а именно пунктам паспорта специальности 4 - экспериментальная и клиническая разработка методов лечения заболеваний и повреждений опорно-двигательной системы и внедрение их в клиническую практику.

Степень достоверности и апробация результатов

Работа выполнена с применением современных клинических и инструментальных методов обследования, статистическая обработка результатов исследования выполнена в программе «Excel» (база данных) и статистические расчеты и графика в программе «IBM SPSS Statistics 22». в выводы и положения

диссертации четко сформулированы и аргументированы, логически вытекают из результатов многоуровневого анализа.

Положения диссертационного исследования представлены в виде доклада на заседании кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет).

Публикации по теме диссертации

По теме диссертации опубликовано 3 печатные работы (из Перечня ВАК при Минобрнауки России).

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 109 страницах печатного текста, набранного на компьютере; состоит из введения, трех глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений, двух приложений и списка литературы 138 авторов (из них 19 отечественных работ, 119 иностранная). Текст иллюстрирован 26 рисунками, 11 таблицами и диаграммами.

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ КОМПОНЕНТОВ ПРИ РЕВИЗИОННОМ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Растущие возможности методов визуализации структур опорно-двигательного аппарата позволяют эффективно диагностировать патологические изменения в динамике их развития. Для коленного сустава (КС), как одного из наиболее подверженных различным заболеваниям, деформациям и травмам, это имеет большое значение. Рентгенологические методы диагностики уже давно стали рутинными, а возможности МРТ и КТ диагностики постоянно совершенствуются и диагностическая роль исследуется и уточняется [4, 14].

В клинической практике эндопротезирования коленного сустава все большее значение придается уровню суставной щели, что имеет большое значение при первичных и ревизионных оперативных вмешательствах. Внимание этим вопросам уделяется в отечественной [6, 12, 17] и иностранной литературе [41].

Наиболее важной и сложной задачей при тотальном эндопротезировании коленного сустава (ТЭКС) является сохранение нормальной линии сустава (ЛС) [32, 107]. Высокая или низкая дистальная резекция бедренной кости может привести к смещению линии сустава и высокому или низкому стоянию надколенника, что может привести к неблагоприятным клиническим результатам, неправильной траектории движения надколенника в пателло-фemorальном сочленении, возникновению деформации надколенника и болевому синдрому [127, 130].

Ошибка на 4–8 мм от нормального положения ЛС может вызвать слабость разгибательного аппарата, ограничение объема движений в КС, послеоперационной боли и преждевременному износу компонентов эндопротеза, что потребует выполнения ранней ревизии [46, 60, 86, 95].

Изучены некоторые анатомические ориентиры КС, такие как приводящий бугорок, медиальный и латеральный надмыщелки, измерены абсолютные расстояния от данных ориентиров до ЛС, рассчитана корреляция данных показателей с полом, ростом или расой пациентов [97], как в абсолютных так и относительных соотношениях с шириной бедренной и большеберцовой костей [120]. Однако, выявить статистически значимые результаты не удалось, а также не удалось определить наиболее точный метод визуализации суставной щели коленного сустава.

1.1 Определение уровня уставной щели коленного сустава в норме

Восстановление нормального уровня щели коленного сустава необходимо для любого первичного и ревизионного ТЭКС, надежного решения по-прежнему не найдено, как правильно определять линию коленного сустава по данным КТ или МРТ [107].

Интраоперационно при первичной операции, хирург может оценить нормальное положение ЛС в зависимости от толщины дистальной остеотомии бедренной кости, но если суставы значительно деформированы или это ревизионное вмешательство, когда нормальная анатомия изменена, поэтому просто построить касательную линию медиального и латерального мыщелков бедренной кости в качестве ЛС не представляется возможным. Ориентироваться на положение первичного бедренного компонента протеза интраоперационно нецелесообразно по причинам расшатывания, что происходит достаточно часто [73].

Поэтому использование анатомических ориентиров для определения положения ЛС широко применяется в клинической практике. Ориентиры можно разделить на два типа: костные ориентиры и ориентиры мягких тканей. Ориентиры мягких тканей, такие как рубец на мениске, могут быть разными и не

столь отчетливыми во время операции [120], тогда как костные ориентиры более надежны во время операции. Наиболее часто используемые костные ориентиры — это приводящий бугорок, медиальный и латеральный надмыщелки, бугорок большеберцовой кости, головка малоберцовой кости и нижний полюс надколенника [52, 64, 127].

Хирурги могут оценить эти ориентиры на томограммах КТ или МРТ исследований до операции или пальпацией во время операции. Это хорошо работает если контралатеральное колено не изменено, но использование этого метода ограничено, когда невозможно найти изображения предыдущих обследований. Некоторые хирурги доверяют своим правилам: «два пальца от бугорка большеберцовой кости», «20 мм над головкой малоберцовой кости» или «на уровне нижнего полюса надколенника в положении разгибания». Однако, учитывая то, что небольшие изменения в позиции ЛС могут привести к гораздо худшим результатам, делает эти правила недостаточно надежными для широкого использования [26, 87, 105].

Таким образом, становятся понятными стремления хирургов к точным методам, которые можно применить к большей части коленных суставов, для достижения этой цели во многих исследованиях измеряли абсолютные расстояния от достаточно четких ориентиров до уровня суставной щели, которые можно определять на томограммах и интраоперационно, но их результаты показали большую вариабельность в зависимости от возраста, пола, массы тела индексы и расы [52, 64, 120].

Одним из наиболее надежных считается АТ - точка прикрепления приводящей мышцы, которая не изменяется во время повторных операций. Iacono et al. (2013) впервые использовали АТ в качестве ориентиров для определения ЛС, продемонстрировали его повторяемость и точность до операции и интраоперационно [64].

Другие авторы предлагают для этих целей верхушку головки малоберцовой кости (FH), которая может быть точным ориентиром для определения ЛС [52]

Регрессионный анализ, основанный на наших данных, показал, что наиболее точным следует считать компьютерную томографию с определением расстояния от головки малоберцовой кости, с которыми наиболее выраженная корреляция с расстоянием от латерального надмыщелка и шириной большеберцовой кости в сагиттальной проекции.

Проведенное нами исследование имеет некоторые ограничения и недостатки, мы не проводили сравнительный анализ анатомических измерений на противоположной конечности, отбор пациентов был не идеален, в силу определенных причин нам не удалось провести сравнение результатов исследований КТ и МРТ исследования на одной выборке пациентов, тем не менее наши данные подтвердили основные тенденции, выявленные в работах других авторов, что говорит о высокой актуальности исследования и необходимости проведения дальнейших исследований.

1.2 Позиционирование уровня сгибательной щели при первичном эндопротезировании коленного сустава

Тотальное эндопротезирование является самой успешной операцией при лечении грубых дегенеративных изменений коленного сустава различного генеза. Тем не менее, по литературным данным до 30 % пациентов не удовлетворены результатами данной операции [26]. Одним из залогов успеха является правильная пространственная ориентация компонентов эндопротеза во всех трех плоскостях, в частности правильное ротационное положение бедренного и большеберцовых компонентов, а также правильное восстановление сгибательного и разгибательного промежутков. Напротив, ошибки приводят к нарушению функционирования разгибательного аппарата коленного сустава, ограничению движений и болевому синдрому [32, 103].

Для ротационного позиционирования бедренного компонента эндопротеза существуют различные анатомические ориентиры: линия Whiteside, линия проходящая через наружный и внутренний надмыщелки бедренной кости, линия, проходящая через задние отделы мыщелков бедренной кости [69].

Кроме того, для правильного функционирования эндопротеза важно величина сгибательной щели коленного сустава. Фирмы-производители имплантатов предлагают различные инструменты для позиционирования опилочных шаблонов для задних отделов мыщелков бедренной кости при эндопротезировании, основанные на следующих способах ориентирования при восстановлении уровня сгибательной щели коленного сустава:

- переднее-ориентированный способ заключается в измерении точки расположения резекционного блока для передней и задней резекции бедра от передней кортикальной пластинки бедренной кости, который остается неизменным, а изменяется уровень задней резекции;

- заднее-ориентированный, когда при измерении размера бедренного компонента и расположении резекционного блока остается неизменным уровень задней резекции, а передняя резекция вариабельна.

Недостатком первого способа является вариабельность задней резекции, что ведет к изменению размера сгибательного промежутка, второго - при передней резекции возможно повреждение передней кортикальной пластинки диафиза бедренной кости, что может привести к перипротезным переломам в раннем послеоперационном периоде [106].

При этом величина стандартной резекции бедренной кости заложена в размере бедренного компонента эндопротеза, толщине заднего фланца. Однако в различных случаях при гипер- или гипотрофии мыщелков бедренной кости (или первичном дефекте), может быть необходимым увеличить количество срезаемой кости (дополнительными направляющим), что приведет к различию в величине сгибательного и разгибательного промежутков [112].

Большую точность для восстановления уровня суставной щели при трудных случаях эндопротезирования коленного сустава может дать применение

компьютерной навигации [29]. Однако точность компьютерной навигации зависит от анатомических ориентиров, которых, как уже говорилось выше, может не быть в условиях значительного дефицита кости.

В клинической практике эндопротезирования коленного сустава все большее значение придается уровню суставной щели, что имеет большое значение при первичных и ревизионных оперативных вмешательствах [3, 11]. Внимание этим вопросам уделяется в отечественной [6, 12, 17] и иностранной литературе [41].

Необходимый уровень сгибательной щели определяется по здоровой контралатеральной стороне. Если поражение коленных суставов двустороннее, метод позволяет точно задать ротационное положение бедренного компонента, а уровень сгибательной щели выставляется соответственно геометрии планируемого бедренного компонента эндопротеза. Также для ориентирования может быть использован хорошо функционирующий эндопротез коленного сустава с контралатеральной стороны.

Восстановление уровня щели нативного коленного сустава важно не только для ревизионного, но и первичного ТЭКС, надежного способа до сих пор не найдено, как правильно определять линию коленного сустава по данным рентгенографии, КТ или МРТ и как правильно ее получить во время операции [97].

Интраоперационно при первичной операции, хирург может оценить нормальное положение щели сустава в зависимости от толщины дистальной остеотомии бедренной кости, но как правильно сохранить баланс сгибательного и разгибательного промежутков, если суставы значительно деформированы. Какой из них наиболее важный, когда нормальная анатомия коленного сустава изменена, щель сустава деформирована, но при этом определить расположение медиального и латерального мыщелков бедренной кости в качестве ориентира возможно [107].

Поэтому использование анатомических ориентиров для определения положения щели сустава и определении линии резекции широко применяется в клинической практике для воссоздания сгибательно-разгибательного

промежутков. Возможно использовать ориентиры мягких тканей, такие как мениск и др., но они не всегда верны во время операции [73], тогда как костные ориентиры более надежны. Наиболее часто используемые костные ориентиры — это приводящий бугорок, медиальный и латеральный надмыщелки, бугорок большеберцовой кости, головка малоберцовой кости и нижний полюс надколенника [52, 64, 120].

Хирурги могут оценить эти ориентиры на рентгенограммах, томограммах КТ или МРТ исследований до операции или пальпацией во время операции. Это хорошо работает если контралатеральное колено не изменено, но использование этого метода ограничено. Однако, учитывая важность позиционирования уровня щели коленного сустава, зная, что небольшие изменения или ошибки в балансе между сгибательным и разгибательным промежутком могут привести к болевому синдрому или ограничению движений, значительно ухудшить результаты тотального эндопротезирования, все это подчеркивает важность и необходимость определения надежных ориентиров для широкого использования [76, 87, 127].

Плохо сбалансированный, нестабильный или тугоподвижный сустав является основной причиной остаточной боли [125], неудовлетворенности [50] и ревизии после тотального эндопротезирования коленного сустава (ТЭКС) [20, 62, 79, 93, 134]. Однако, количественное определение хорошо сбалансированного сустава остается предметом споров [58].

Многие авторы считают с этой клинической проблемой, и выступают за создание баланса между сгибательным и разгибательным промежутками коленного сустава во время операции [44, 117]. Стандартным решением при сгибательной контрактуре коленного сустава является увеличение (+2 мм) дистальной резекции бедренной кости, что увеличивает разгибательный промежуток и дает полное разгибание коленного сустава, однако при этом не всегда остается баланс со сгибательным промежутком, который бывает тоже необходимо регулировать. Увеличение дистальной резекции бедренной кости поднимает линию сустава, что может сказаться на пателло-фemorальном

сочленении и явиться причиной передней боли в коленном суставе после эндопротезирования [115].

Уровень щели коленного сустава является величиной постоянной, но баланс сгибательно-разгибательного промежутка зависит от положения коленного сустава, многие исследователи [56] показали, что если размер сгибательного промежутка превышает размер разгибательного, то это с одной стороны дает хороший объем движений в послеоперационном периоде. Однако с другой стороны дисбаланс суставной щели при сгибательном положении конечности в промежутке между 0° и 90° сгибания, приводит образованию зазора между бедренным компонентом и вкладышем после операции [39], что ускоряет износ полиэтилена в 2–3 [70].

С другой стороны исследования показали, что увеличение свободы сгибания при имплантации протеза коленного сустава приведет к нестабильности и дисбалансу связок в состоянии среднего сгибания после имплантации [92].

Таким образом, можно понять большое количество работ по биомеханике коленного сустава в норме, остеоартрозе и при эндопротезировании, большое внимание уделяется концепции выравнивания сгибательно-разгибательного промежутков, выполнение эндопротезирования с заведомо увеличенными дистальной резекцией или одним из промежутков (преобладания сгибательного) приводит к неудовлетворенности пациентов и другим проблемам во время и после операции. Но и концепция баланса сгибательно-разгибательных промежутков также требует дальнейшей разработки, особенно с позиций функционирования и выживания эндопротеза.

Сохранение уровня щели и баланс сгибательно-разгибательного промежутков нативного коленного сустава важно при первичном ТЭКС, надежного способа до сих пор не найдено, по какому ориентиру правильно определять линию коленного сустава на рентгенограммах, КТ или МРТ и как правильно позиционировать ее во время операции, это те вопросы которые задают себе исследователи [97], что явилось целью нашей работы.

Интраоперационно при первичной операции, хирург регулирует положение щели сустава опираясь на толщину дистальной остеотомии бедренной кости, которая равна толщине бедренного компонента эндопротеза, если баланс связок сохранен и нет контрактуры, то все хорошо. При сгибательной контрактуре мы увеличиваем уровень дистальной резекции, но как правильно сохранить баланс сгибательного и разгибательного промежутков, если суставы значительно деформированы. Какой из них наиболее важный, когда нормальная анатомия коленного сустава изменена, щель сустава деформирована, как определить расположение медиального и латерального мыщелков бедренной кости, какой анатомический ориентир необходимо и возможно использовать [107].

Использование анатомических ориентиров для определения положения щели сустава и определении линии резекции широко применяется в клинической практике для воссоздания сгибательно-разгибательного промежутков. Возможно использовать ориентиры мягких тканей, такие как мениск и др., но они не всегда верны во время операции [73], тогда как костные ориентиры более надежны. Наиболее часто используемые костные ориентиры — это приводящий бугорок, медиальный и латеральный надмыщелки, бугорок большеберцовой кости, головка малоберцовой кости и нижний полюс надколенника [52, 64, 120].

Хирурги могут оценить эти ориентиры на рентгенограммах, томограммах КТ или МРТ исследований до операции или пальпацией во время операции. Это хорошо работает если контралатеральное колено не изменено, но использование этого метода ограничено. Однако, учитывая важность позиционирования уровня щели коленного сустава, зная, что небольшие изменения или ошибки в балансе между сгибательным и разгибательным промежутком могут привести к болевому синдрому или ограничению движений, значительно ухудшить результаты тотального эндопротезирования, все это подчеркивает важность и необходимость определения надежных ориентиров для широкого использования [76, 87, 127].

1.3 Восстановление уровня щели коленного сустава при ревизионном эндопротезировании

Тотальное эндопротезирование является самой успешной операцией при лечении грубых дегенеративных изменений коленного сустава различного генеза. Тем не менее, по литературным данным до 30 % пациентов не удовлетворены результатами данной операции [26]. Одним из залогов успеха является правильная пространственная ориентация компонентов эндопротеза во всех трех плоскостях, в частности правильное восстановление уровня суставной щели [103]. Особые трудности вызывает точное восстановление данного уровня при ревизионном эндопротезировании коленного сустава, в условиях дефицита анатомических ориентиров. Ошибка приводит к нарушению функционирования разгибательного аппарата коленного сустава, ограничению движений и болевому синдрому [32].

Интраоперационно можно использовать следующие ориентиры для восстановления уровня суставной щели: надмыщелки бедренной кости, головка малоберцовой кости и бугристость большеберцовой кости [84].

Из уровня техники среди хирургов распространены способы восстановления уровня суставной щели предложенные Mason и соавт.: «на два пальца выше бугристости большеберцовой кости», «на уровне нижнего полюса надколенника при разогнутом коленном суставе», «на 2 см выше верхушки головки малоберцовой кости» [87]. Недостатком данного метода является его неточность, зависящая от ряда факторов: толщина пальцев хирурга, индивидуальная анатомия пациента и т. д.

Также известна методика применения индивидуальных резекционных блоков, создаваемых на 3D принтере, на основании данных компьютерной томографии, для правильного позиционирования компонентов эндопротеза, в частности восстановления уровня суставной щели [113]. Однако, данная методика применяется для первичного эндопротезирования коленного сустава и

невозможна для ревизионного (протяженность костных дефектов после удаления первичных компонентов эндопротеза предсказать невозможно).

Большую точность для восстановления уровня суставной щели при ревизионном эндопротезировании коленного сустава может дать применение компьютерной навигации [29]. Однако применение навигации требует интраоперационного определения большого количества анатомических ориентиров, которых, как уже говорилось выше, может и не быть в условиях значительного дефицита кости. Применение как навигационных, так и роботических систем при ревизионном эндопротезировании сильно ограничено.

Некоторые авторы предлагают определять необходимый уровень суставной щели по здоровой контралатеральной стороне, либо, если поражение двустороннее – в среднем 14 мм от верхушки головки малоберцовой кости [9]. Остается технической проблемой разработка способа восстановления уровня суставной щели при ревизионном эндопротезировании коленного сустава, одним из подходящих анатомических ориентиров, хорошо определяемых на рентгенограммах и КТ, и на операции – это головки малоберцовой кости с оперируемой стороны [1].

Многие авторы считают, что при РетЭКС элевация суставной линии на 4 мм, отрицательно влияет на результат после операции, что подтверждается статистически значимой отрицательной корреляцией между функциональной и общей оценками KSS [32]. Другие работы говорят о том, что правильно воссозданная линия сустава приводит к статистически значимо лучшие послеоперационные общие баллы KSS, по сравнению с операциями, в которых линия сустава не была адекватно воссоздана. В пяти работах не указывается критический уровень элевации суставной щели, но и они подтверждают статистически значимые лучшие результаты для групп с сохраненной линией сустава по сравнению с группой с повышенным уровнем [24, 60, 95, 100, 136].

В исследованиях Kannan A. et al. (2015), и Clement N. et al. (2017), сообщается об отсутствии влияния на результаты ревизии уровня линии сустава, однако в данных работах не указывается о величине элонгации [38, 72].

Seon J-K. et al. (2016), оценивая результаты двухэтапной ревизионной артропластики КС в при хронической глубокой инфекции в сравнении с одноэтапной при ранней перипротезной инфекции, при уровне элевации линии сустава на 5 мм, дает одинаковые результаты, делая вывод об отсутствии влияния данного показателя на функцию после операции [119].

Другие работы показывают насколько может быть поднята линия сустава при первичной и ревизионной ТЭКС, показали статистически значимо более низкие результаты при превышении порогового значения высоты линии сустава 4 мм [24, 60, 137].

Babazadeh S. et al. (2011), и Yang J-H et al. (2009), использовали соответственно 2 и 3 мм в качестве точки отсечки, и они не нашли различия между их группами [22, 138].

Следовательно, целью ревизионной операции должно быть восстановление линии сустава в исходное положение и не допускать подъема линии более чем на 4 мм, путем экономной дистальной резекции бедренной кости, удалением всех задние остеофитов при выполнении баланса связок и разгибательного промежутка. Кроме того, авторы рекомендуют использовать компьютерную навигацию и специальные инструменты [25, 49, 81, 82].

При ревизионном ТЭКС восстановление линии сустава является сложной задачей в результате потери кости и отсутствия ориентиров для определения исходной высоты линии сустава. При это следует избегать применение слишком малого размера бедренного компонента и восполнять дефекты кости аугментами. Ориентироваться следует на предоперационное планирование или рентгенограммы контралатерального колена, что помогает хирургу точно определить уровень нативного сустава до операции [23].

Таким образом мы видим большую разнородность мнений, что основные проблемы в определении уровня щели сустава, величины возможной ошибки и определении ее коридора, которые влияют на послеоперационные результаты. Это затруднило корреляционный анализ PeТКА, кроме этого были различия в

методиках исследования результатов и методе оценка линии сустава, которые могли повлиять на результаты [64, 100].

В большинстве исследований использовались KSS для оценки результата операции, однако сомнительно, является ли этот опросник действенным инструментом для выявления симптомов, связанных с изменениями суставной линии и может дать лучшее понимание функционального результата [46].

Очень большое значение имеет точка, от которой следует искать уровень щели сустава. Luuskx et al. (2014) показали надежность использования медиального надмыщелка бедра в ревизионной ТКА [83], но многие используют бугристость большеберцовой или головку малоберцовой кости. Однако идеальная оценка суставной линии должна включать отдельно большеберцовое и бедренное референтное измерения. Только в двух работах мы нашли отдельные данные для бедренных и большеберцовых изменений суставной линии, интересно, что оба исследования продемонстрировали расхождения между большеберцовыми и бедренными суставными линиями [22, 29].

Нами предложен инструмент и методика для определения уровня линии сустава от головки малоберцовой кости, которые позволят выполнять точное восстановление уровня щели коленного сустава. Ориентироваться можно как на предоперационное планирование, так и на прямое измерение во время операции и на основании этого регулировать уровень резекции.

В нашем исследовании мы не использовали пороговые значения (4 или 5 мм), потому что средние величины отклонения полностью входили в их значения, возможно этим объясняется отсутствие влияния изменения щели сустава на функциональные исходы.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Дизайн исследования

Исследование проведено на кафедре травматологии, ортопедии и хирургии катастроф на базе клиники травматологии, ортопедии и патологии суставов ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) с января 2018 г. по ноябрь 2021 г. Исследование было одобрено локальным этическим комитетом ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (№ 2341 от 16.10.2018 г.).

Одноцентровое исследование проведено в три этапа:

- на первом этапе проведена стандартная компьютерная томография коленного сустава и МРТ исследования коленных суставов у пациентов, у которых не было каких-либо травм (переломы, вывихи) колена, операции, воспалительные, дегенеративные или деформирующие процессы. Анализ и измерения КТ и МРТ сканограмм проводили в трех плоскостях (проекциях): фронтальной, сагиттальной и аксиальной. Определяли анатомические ориентиры (медиальный и латеральный надмыщелки бедра, приводящий бугорок бедренной и бугристость большеберцовой костей), через которые проводили линии (межмыщелковая линия бедра) и строили линию коленного сустава, измеряли расстояния от линии коленного сустава до анатомических ориентиров и провели статистический анализ;

- вторым этапом провели проспективное исследование, в котором у пациентов с деформирующим остеоартрозом 3–4 ст. в предоперационном периоде проводили рентгенологические и КТ исследование коленных суставов с определением уровня щели коленного сустава для определения точности работы измерителя уровня суставной щели. Затем в после операционном периоде проверили точность работы инструмента по рентгенограммам и КТ исследованиям;

- третий этап: в проспективном контролируемом рандомизируемом исследовании у пациентов, у которых имелись различные неинфекционные показания для ревизионного протезирования коленного сустава, в ходе предоперационного планирования определяли уровень суставной щели коленного сустава, затем во время ревизии операции использовали предлагаемую авторскую методику и устройства для измерения уровня суставной щели и в послеоперационном периоде проводили измерения и оценивали правильность работы прибора и точность восстановления суставной щели коленного сустава, а также определяли влияние точности данного показателя на клинические признаки и функцию коленного сустава.

Объекты исследования и планируемое количество наблюдений.

- Первый этап (2018–2021 г.): компьютерных томографий коленного сустава у 60 пациентов и МРТ исследований коленных суставов у 273 пациентов, у которых отсутствовали какие-либо травмы (переломы, вывихи) колена, операции, воспалительные, дегенеративные или деформирующие процессы.

- Второй этап: проспективное исследование (2018–2021 г.): 60 пациентов с гонартрозом 3–4 ст. (по I. Kellgren и I. Lawrence) рандомизированных на две группы, которым будет выполнена первичное тотальное эндопротезирование коленного сустава.

- Третий этап: проспективное рандомизированное контролируемое исследование (2018–2021 г.): 70 пациентов, которым выполняли ревизионное тотальное эндопротезирование коленного сустава (первичное ТЭКС по поводу гонартроза 3-4 ст. (по I. Kellgren и I. Lawrence)), пациенты рандомизированы на две группы: основная группа пациенты, у которых выполняли ревизионную операцию с учетом восстановления щели коленного сустава при помощи авторского измерительного устройства, вторая группа (контрольная) ревизионная операция выполнялась общепринятым способом.

Критерии включения пациентов: Первый этап: пациенты, у которых отсутствуют какие-либо травмы (переломы, вывихи) колена, операции, воспалительные, дегенеративные или деформирующие процессы.

Второй этап:

- a) Пациенты обоих полов.
- b) Деформирующий артроз коленного сустава 3–4 ст. (по I. Kellgren и I. Lawrence)
- c) Возраст от 40 до 85 лет.
- d) Первичное ТЭКС.

Третий этап:

- e) Пациенты обоих полов.
- f) Возраст от 40 до 85 лет.
- g) Ревизионное ТЭКС.

Критерии невключения:

- 1) Пациенты: <40 лет и > 85 лет, ИМТ < 20 и > 35 кг/м², АСА > 3, пациенты без ТЭО и ИО.
- 2) Некорректированный диабет.
- 3) Преднизолонзависимые системные заболевания.
- 4) Анемия или тромбофилия.
- 5) Аллергия к местным анестетикам и антибиотикам.

Критерии исключения: поверхностная или глубокая инфекция, перипротезные переломы, другие неинфекционные осложнения, отказ от исследования.

2.2 Материалы и методы исследования

2.2.1 Характеристика пациентов и методы исследования I этапа

Были отобраны 60 пациентов, которым выполнили стандартную компьютерную томографию коленного сустава у 60 (27 мужчин и 32 женщины)

средний возраст 43.1 ± 13.4 лет (мин. 23 лет, макс. 75 лет) и МРТ исследования 273 коленных суставов у 273 пациентов (101 мужчина и 172 женщины) средний возраст 46.1 ± 15.9 лет (мин. 20 лет, макс. 82 лет). КТ и МРТ исследования проводились с диагностической целью, пациенты давали согласие на исследование до включения в исследование, никакая информация кроме пола и возраста пациента не собиралась и не могла быть использована для идентификации личности.

В исследование не включали пациентов с грубыми дегенеративными изменениями коленного сустава (степени 2 и более по классификации Kellgren-Lawrence), переломами и последствиями переломов бедренной и большеберцовой костей, повреждениями коллатеральных связок и разгибательного аппарата коленного сустава, вывихами или подвывихами надколенника или большеберцовой кости.

КТ выполнялась на мультиспиральном компьютерном объемном томографе (Toshiba Aquilion One 640-срезов) МРТ исследования на МР-томографе (Siemens Magnetom Verio 3.0 T). Данные изображений были получены из системы (PACS), измерения выполнялись совместно с рентгенологами, не участвующими в исследовании, в программе RadiAnt DICOM Viewer 2020.2.

Анализ и измерения КТ и МРТ сканограмм проводили в трех плоскостях (проекциях): фронтальной, сагиттальной и аксиальной.

Анатомическими ориентирами были, приводящий бугорок бедренной кости (AT), медиальный (ME) и латеральный надмыщелки бедренной кости (LE), большеберцовый бугорок (TT), головка малоберцовой кости (FH) и нижний полюс надколенника (PP) (Рисунок 1 и 2). Данные точки определяли следующим образом: приводящий бугорок (AT) — это костный выступ на медиальном мыщелке бедренной кости, расположенный выше медиального надмыщелка; латеральный надмыщелок (LE) - наиболее выступающая костная точка бедренной кости, от которой берет начало боковая коллатеральная связка; медиальный надмыщелок (ME) - самая медиальная точка на бедренной кости, от которой берет начало медиальная коллатеральная связка.

На сагиттальной проекции коленного сустава определяли верхний и нижний полюса надколенника, точку места прикрепления собственной связки надколенника для определения индекса Insall-Salvati (IS - соотношение между длиной сухожилия надколенника (TL) и длиной надколенника (PL)) [93]; и индекс Caton-Deschamps (CD), который определяется как соотношение длины суставной поверхности надколенника (AP) (между проксимальной и дистальной точками суставной поверхности надколенника) к расстоянию от дистальной точки суставной поверхности надколенника до верхней границы большеберцовой кости (AT) (Рисунок 1 е и Рисунок 2 е) [134].

Линию коленного сустава (JL) строили в фронтальной (JL) и сагиттальной (JLc) проекциях, как касательную, которая соединяет две наиболее дистальные точки мыщелков бедренной кости. При измерениях в фронтальной плоскости линию сустава мы назвали дистальной (DJL), которая соответствует линии коленного сустава при полном разгибании ноги. При измерениях в аксиальной проекции линию сустава мы назвали задней (PJL), которая соответствует линии коленного сустава при сгибании коленного сустава под углом 90°.

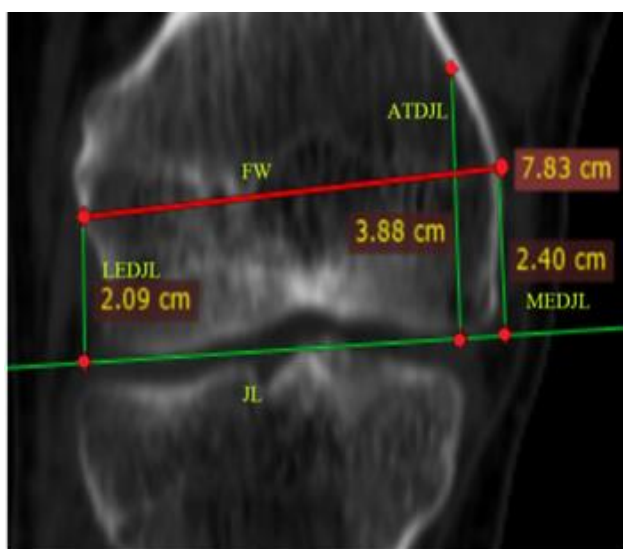
Ширина бедренной кости (FW) — это расстояние между ME и LE в фронтальной плоскости (Рисунок 1 а и Рисунок 2 а). Ширина большеберцовой кости (TW) — это диаметр большеберцовой кости на уровне большеберцового бугорка (TT) в сагиттальной плоскости, перпендикулярно диафизу большеберцовой кости. (Рисунок 1 г и Рисунок 2 г).

После построения точек и линий мы измеряли длину отрезков:

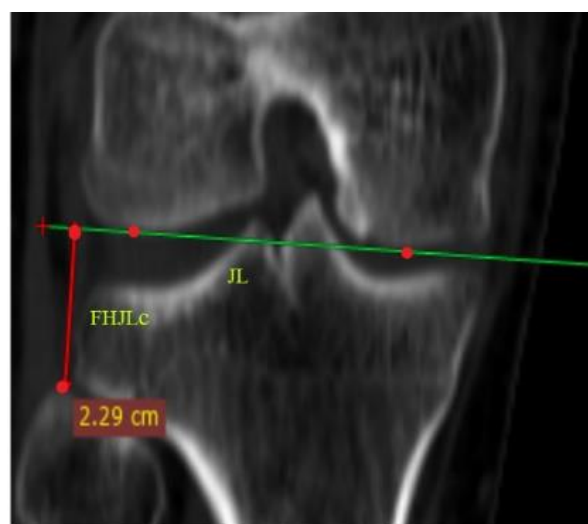
LEDJL - отрезок от точки латерального надмыщелка до точки пересечения перпендикулярной линии с линией коленного сустава в фронтальной проекции;

MEDJL - отрезок от точки медиального надмыщелка до точки пересечения перпендикулярной линии с линией коленного сустава в фронтальной проекции;

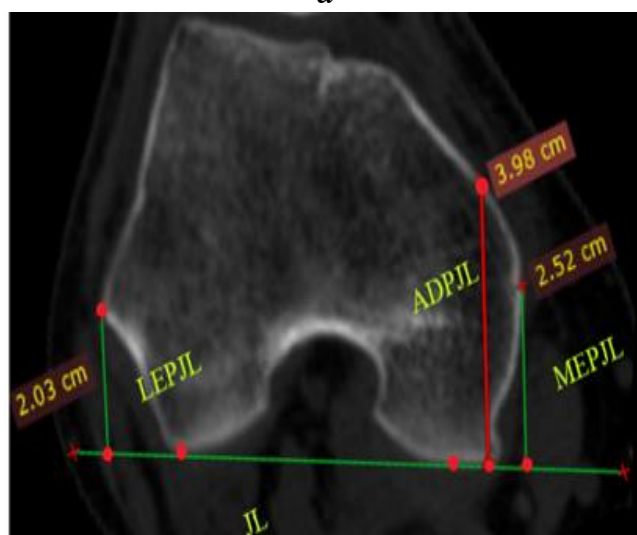
- АТДЛ - отрезок от точки приводящего бугорка медиального надмыщелка до точки пересечения перпендикулярной линии с линией коленного сустава в фронтальной проекции (Рисунок 1 а и Рисунок 2 а);
- ГНЛс - отрезок от точки вершины головки малоберцовой кости в до точки пересечения перпендикулярной линии с линией коленного сустава в сагиттальной плоскости (Рисунок 1 б и Рисунок 2 б);
- ЛЕРЛ - отрезок от точки латерального надмыщелка до точки пересечения перпендикулярной линии с линией коленного сустава в аксиальной проекции;
- МЕРЛ - отрезок от точки латерального надмыщелка до точки пересечения перпендикулярной линии с линией коленного сустава в аксиальной проекции;
- АТРЛ - отрезок от точки приводящего бугорка медиального надмыщелка до точки пересечения перпендикулярной линии с линией коленного сустава в аксиальной проекции (Рисунок 1 в и Рисунок 2 в);
- РРДЛ - отрезок от точки нижнего полюса надколенника до точки пересечения перпендикулярной линии с линией коленного сустава в сагиттальной проекции;
- ТТЛ - отрезок от точки большеберцового бугорка до точки пересечения перпендикулярной линии с линией коленного сустава в сагиттальной проекции (Рисунок 1 г и Рисунок 2 г);
- ГНЛ - отрезок от точки вершины головки малоберцовой кости до точки пересечения перпендикулярной линии с линией коленного сустава в сагиттальной проекции (Рисунок 1 д и Рисунок 2 д).



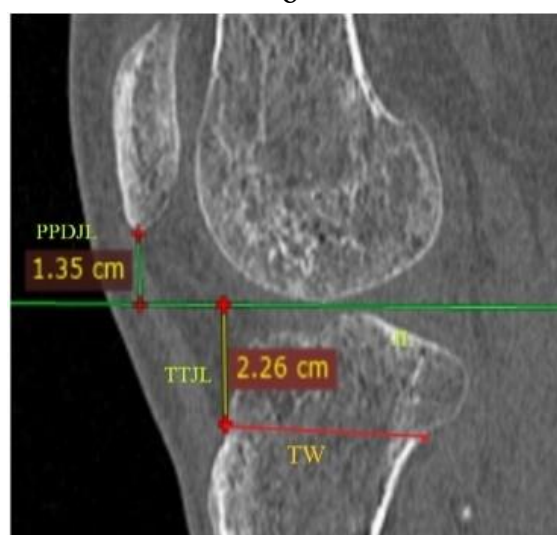
а



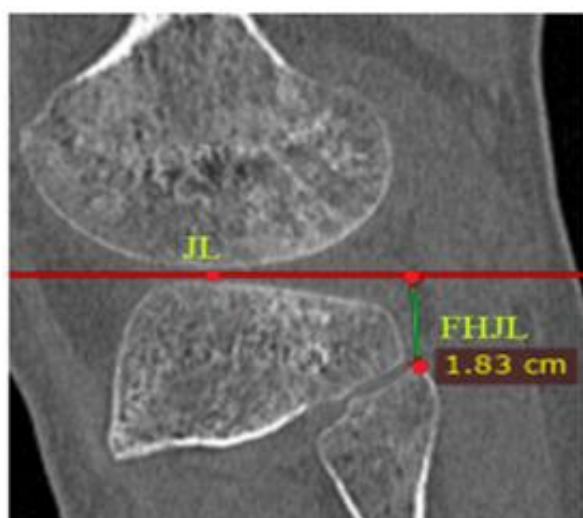
б



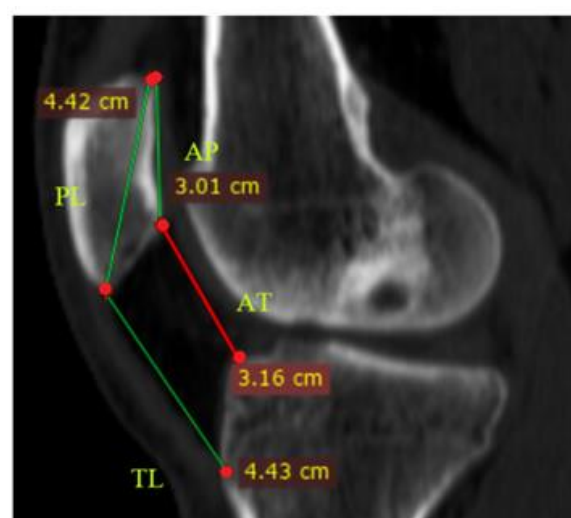
в



г

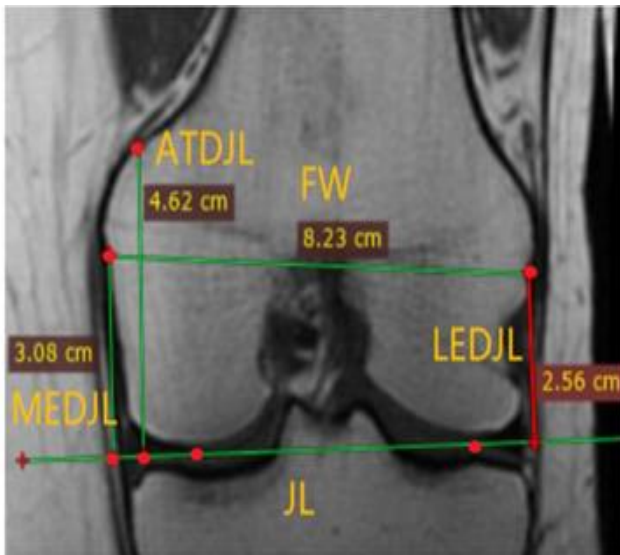


д

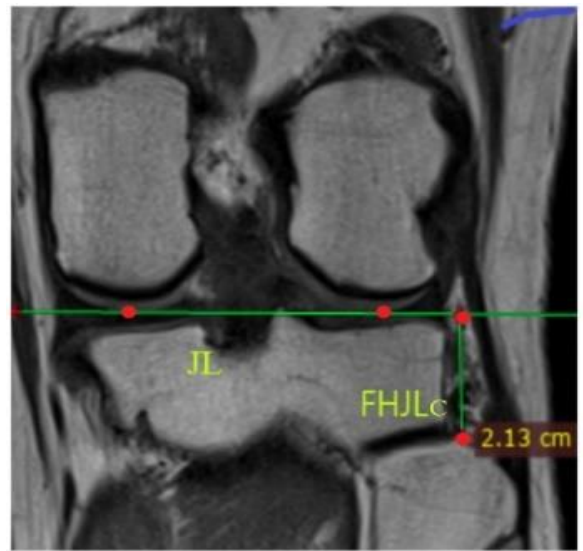


е

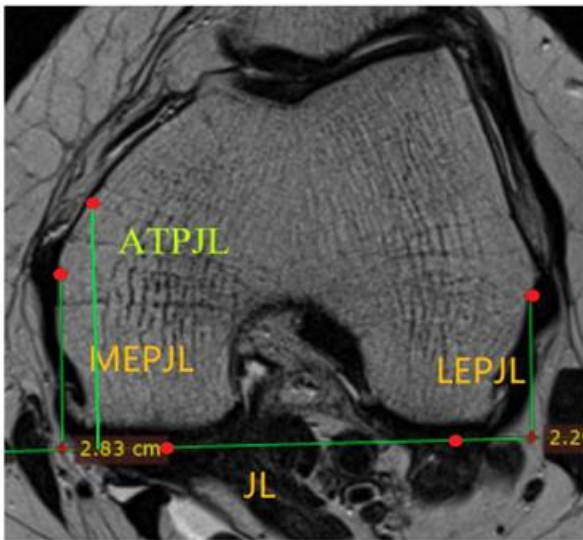
Рисунок 1 - КТ анатомические ориентиры и линии: а и б – фронтальные проекции; в- аксиальная проекция; г, д и е - сагиттальные проекции



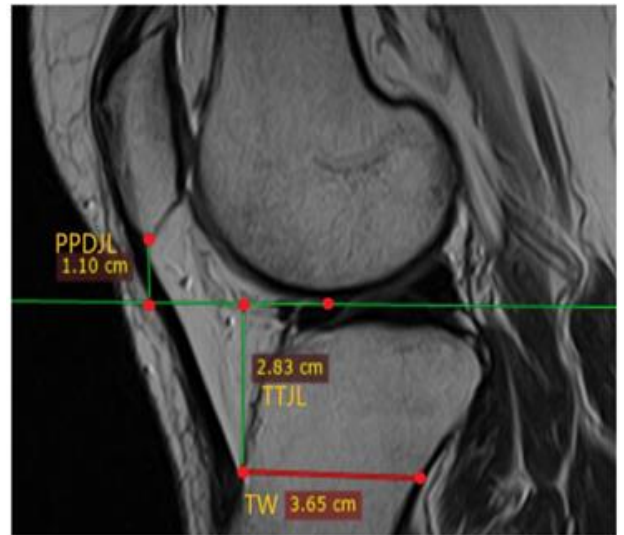
а



б



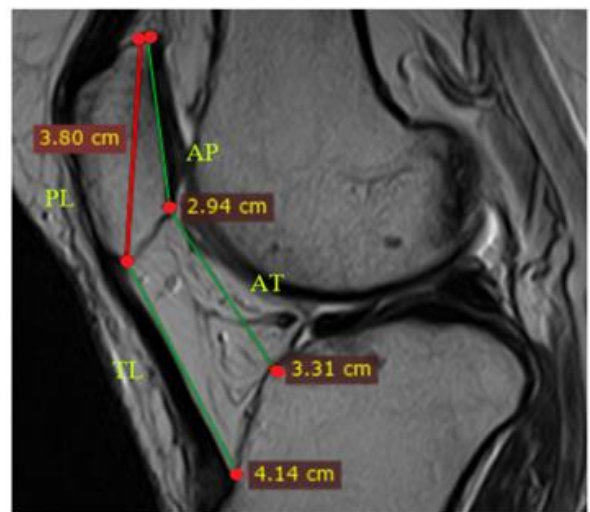
в



г



д



е

Рисунок 2 - МРТ анатомические ориентиры и линии: а и б – фронтальные проекции; в- аксиальная проекция; г, д и е - сагиттальные проекции

2.2.2 Характеристика пациентов и методы исследования II этапа

Были отобраны 50 пациентов с первичным деформирующим остеоартрозом коленного сустава 3-4 ст. по классификации Kellgren-Lawrence, и ИМТ < 35 кг/м². Пациентов рандомизировали на две группы (по методике случайных цифр), одной первой группе выполняли первичное ТЭКС с применением предложенного нами инструмента, другой группе второй выполняли эндопротезирование стандартной мануальной техникой и инструментами. В ходе исследования по различным причинам (отказ, нет связи и т. п.) было исключено 9 пациентов (Рисунок 3).

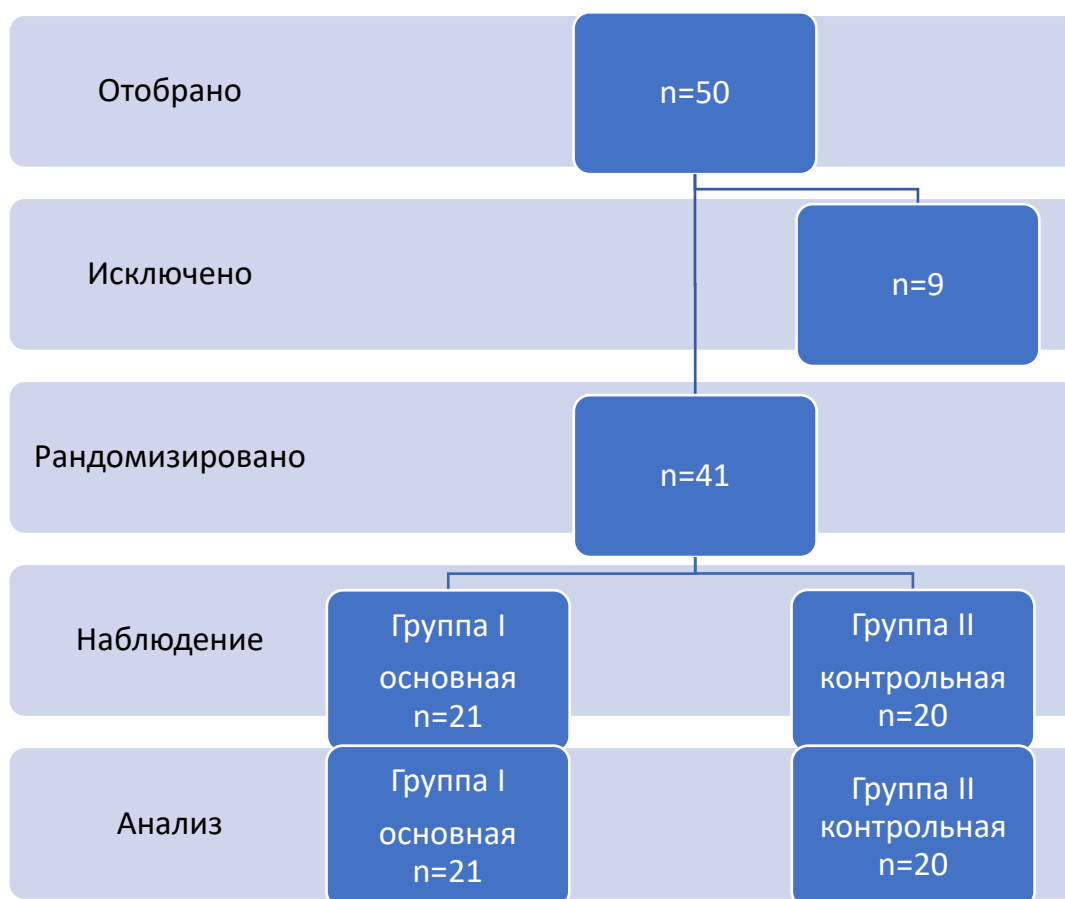


Рисунок 3 - Схема динамики распределения участников на всех стадиях рандомизированного контролируемого II этапа исследования

Пациенты давали согласие на исследование до включения в него, никакая информация кроме пола и возраста пациента не собиралась и не могла быть использована для идентификации личности.

В ходе исследования по техническим причинам было исключено 9 пациентов, окончательно было включено 18 мужчин и 23 женщины, средний возраст 66.5 ± 7.2 лет (мужчины - 67.2 ± 7.5 , 65.9 ± 7.1 , мин. 43 лет, макс. 75 лет, $p=0.587$), ИМТ в среднем 32.0 ± 2.6 кг/м² (мужчины 31.9 ± 2.7 кг/м², женщины 32.1 ± 2.6 кг/м², $p=0.857$), гендерные показатели пациентов по группам исследования представлены в Таблице 1.

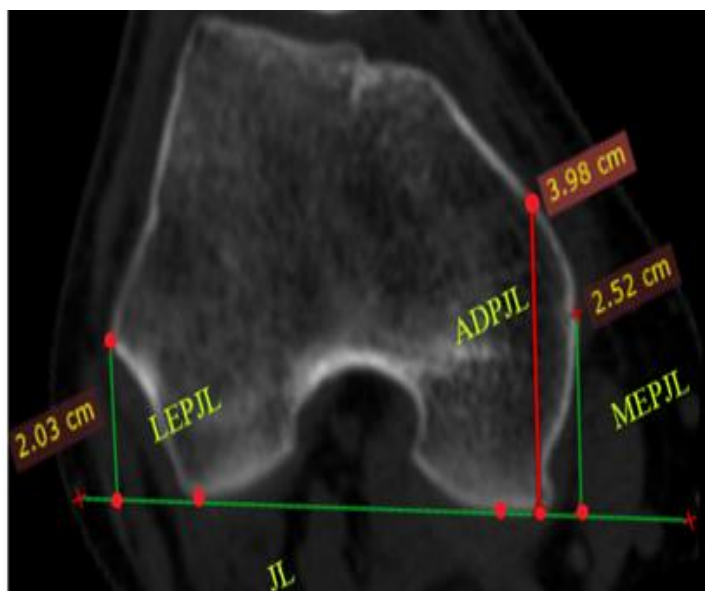
Таблица 1 - Гендерные показатели пациентов II этапа

Показатели	Общие (n=41)	I группа (n=21)	II группа (n=20)	p*
Возраст (лет)	66.463±7.211	63.762±8.173	69.3±4.758	0.012
Пол (муж./жен.)	18/23	8/13	10/10	0.689
Правая/левая	20/21	9/12	11/9	0.726
Рост (см)	167.707±9.696	167.238±9.322	168.2±10.294	0.755
Вес (кг)	90.244±12.304	89.143±10.603	91.4±14.058	0.564
ИМТ (кг/м ²)	32.01±2.603	31.826±2.246	32.203±2.979	0.649

* - $p < 0.05$

Всем пациентам до операции и после выполняли стандартную компьютерную томографию (мультиспиральный компьютерный объемный томограф Toshiba Aquilion One 640-срезов) и рентгенографию коленного сустава (рентгеновская система Siemens Multix Fusion).

Предоперационное планирование выполняли по компьютерной томограмме в аксиальной проекции, проводили линию через наиболее выступающие части задних отделов мыщелков бедренной кости, к которой опускали перпендикуляры от наружного и внутреннего надмыщелков бедренной кости (Рисунок 4 а). От наибольшего перпендикуляра вычитается толщина задних отделов бедренного компонента эндопротеза (чаще всего 9 мм) (Рисунок 4 б).



а



б

Рисунок 4 - КТ коленного сустава в аксиальной проекции: планирование уровня сгибательной щели (а), измерение толщины заднего фланца эндопротеза (б)

Эта разница и будет отображать необходимый уровень задней резекции по отношению к надмыщелкам бедренной кости. Учитывая то, что при КТ после операции в аксиальной проекции из-за рассеивания лучей (помехи изображения) невозможно определить и точно измерить уровень резекции мыщелков бедренной кости, мы выполняли КТ исследование и рентгенографию коленного сустава во фронтальной и сагитальной плоскостях. Мы измеряли высоту стояния щели сустава, характеризующую разгибательный промежуток, ориентируясь на вершину головки малоберцовой кости (Рисунок 5 а и б), а на сагитальной проекции измеряли расстояние от оси бедренной кости до края имплантата, который считали за предполагаемый уровень сгибательной щели (Рисунок 5 в), после операции были проведены те же исследования и измерения (Рисунок 5 г-е). Помимо обследования пораженного сустава выполняли компьютерную томографию коленного сустава с контралатеральной стороны.

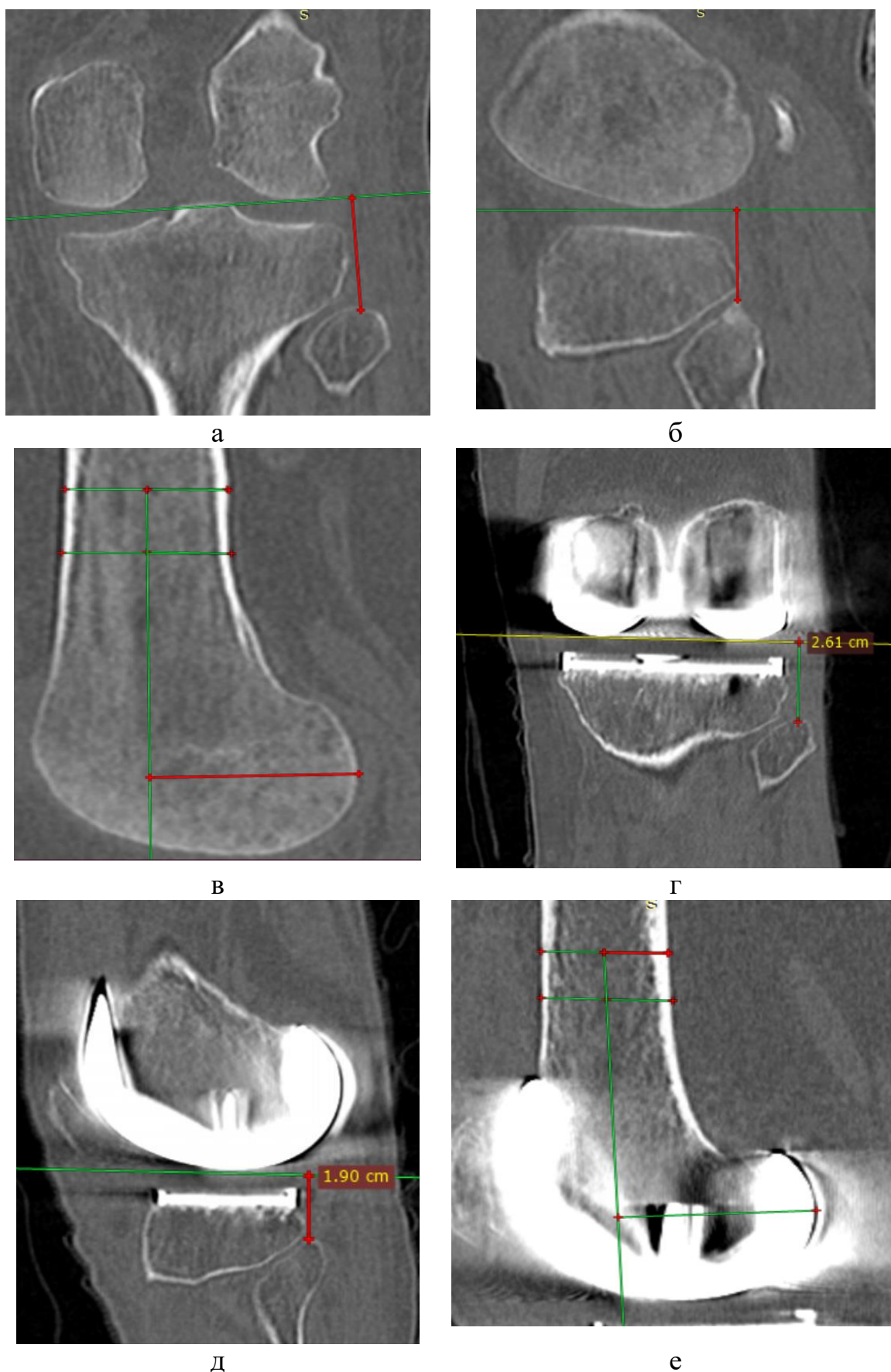


Рисунок 5 - КТ коленного сустава до операции (а-в), после операции(г-е): а и г фронтальная проекция, б-в и д-е – сагиттальная проекция

Учитывая клиническую направленность нашей разработки и практическую реальность (не всем пациентам выполняют КТ), мы провели анализ высоты суставной щели (сгибательно-разгибательного промежутка) рентгенографическим методом с использованием калибровочного рентгенконтрастного элемента (металлический шар диаметром 32 мм) до и после операции (Рисунок 6).

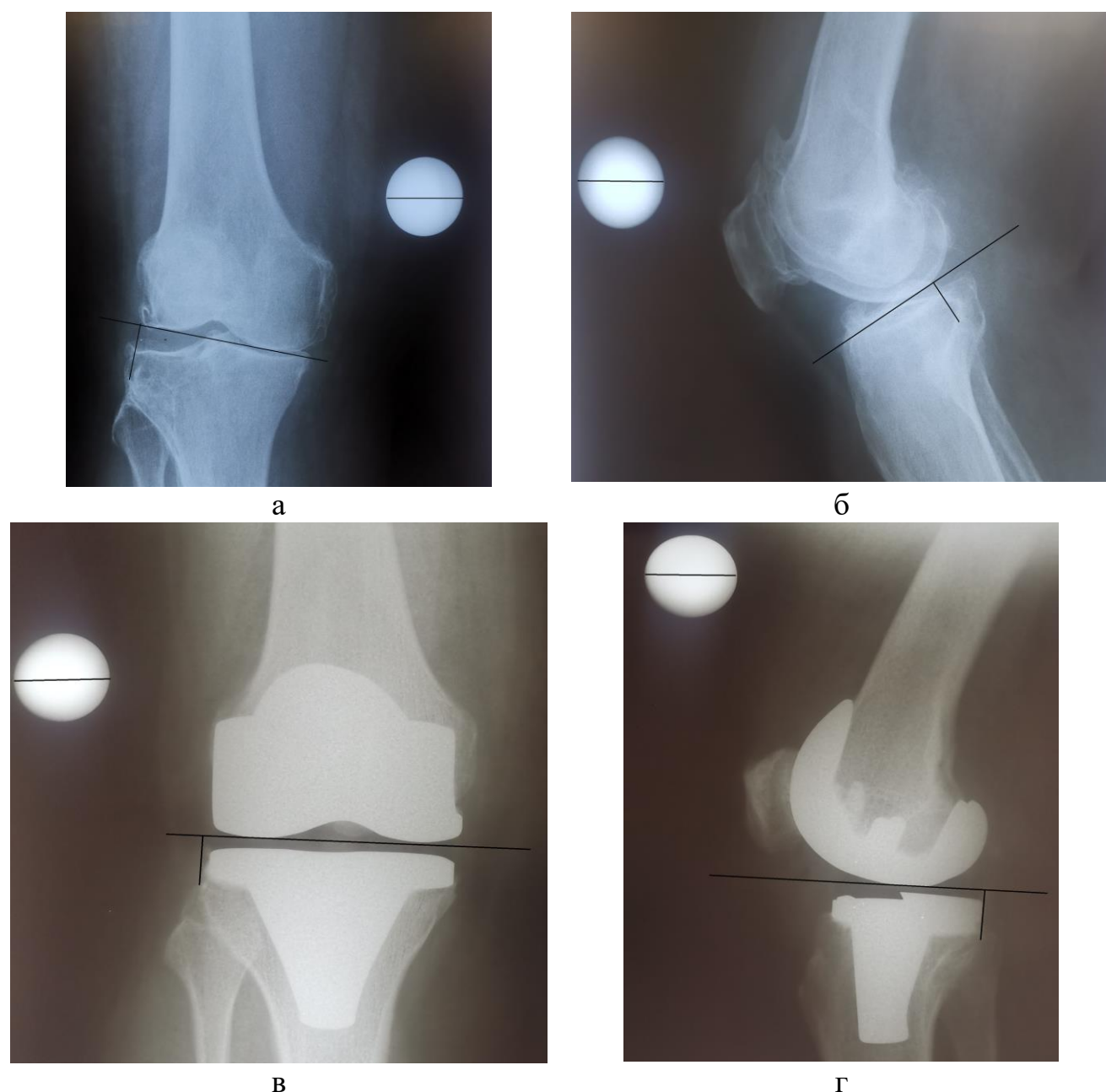


Рисунок 6 - Рентгенограммы коленного сустава до операции (а-б), после операции (в-г): а и в фронтальная проекция, б и г – сагиттальная проекция

Данные измерений вносили в электронную базу данных созданную в программе Excel, в ходе исследования изменения в которой не производили. Статистическую обработку проводили при помощи программы «IBM SPSS Statistics 22».

В пред и послеоперационном периоде все пациенты проходили тестирование по шкале боли ВАШ, шкалам коленного сустава: OKS, FJS-12, KSS (боль и функция), SF-36 (параметрам: PF, RP, BP, GH, VI, SF, RE, MH).

2.2.3 Характеристика пациентов и методы исследования III этапа

В III этап исследования включено 75 пациентов, в ходе которого по различным причинам (отказ, нет связи и т.п.) было исключено 6 пациентов, остальных рандомизировали на две группы (по методике случайных цифр Рисунок 7).



Рисунок 7 - Схема динамики распределения участников на всех стадиях рандомизированного контролируемого исследования III этапа

Первой группе выполняли ревизионное ТЭКС с определением уровня суставной щели по предложенному нами методу с применением оригинального инструмента, второй (группа контроля) – ревизионное эндопротезирование по стандартной методике. При возникновении инфекционных осложнений после ревизионной операции, пациентов исключали из исследования (5 пациентов).

Окончательный анализ проведен по общей когорте 64 пациента: 26 мужчин и 38 женщин, средний возраст 66.5 ± 7.2 лет (мужчины - 68.2 ± 8.3 , женщины 65.1 ± 9.4 , мин. 43 лет, макс. 75 лет, $p=0.896$), ИМТ в среднем 32.9 ± 2.6 кг/м² (мужчины 32.9 ± 5.2 кг/м², женщины 33.1 ± 2.6 кг/м², $p=0.649$), средний срок ревизионного эндопротезирования коленного сустава составил 36.3 ± 6.7 месяцев, гендерные показатели пациентов по группам исследования представлены в Таблице 2.

Таблица 2 - Гендерные показатели пациентов III этапа

Показатели	Общие (n=64)	I группа (n=31)	II группа (n=33)	p*
Возраст (лет)	66.463 ± 7.211	66.323 ± 8.964	65.909 ± 5.981	0.896
Пол (муж./жен.)	26/38	12/19	14/19	0.689
Правая/левая	30/34	15/16	15/18	0.726
Рост (см)	167.707 ± 9.696	167 ± 8.985	167.182 ± 8.876	0.755
Вес (кг)	90.244 ± 12.304	92.613 ± 20.104	93.121 ± 13.69	0.564
ИМТ (кг/м ²)	32.9 ± 2.6	32.918 ± 5.176	33.173 ± 2.575	0.649
Срок РеТЭКС (мес.)	36.335 ± 6.651	37.75 ± 7.497	35.474 ± 6.104	0.362

* - $p < 0.05$

Предоперационное планирование уровня щели КС выполняли по компьютерной томограмме в фронтальной проекции (Рисунок 8 а), ориентируясь по вершине головки малоберцовой кости, либо по КТ контралатерального

коленного сустава (Рисунок 8 б), либо по калиброванным рентгенограммам в фронтальной проекции (Рисунок 8 в-г). На откалиброванной рентгенограмме или компьютерной томограмме проводится линия через наиболее выступающие части мыщелков бедренной кости, которая и будет отображать уровень суставной щели (УСЩ). От данной линии проводится перпендикулярная линия к вершуске головки малоберцовой кости. Длина второй линии и будет отображать уровень суставной щели по отношению к вершуске головки малоберцовой кости. Стандартную компьютерную томографию выполняли на мультиспиральном компьютерном объемном томографе (Toshiba Aquilion One 640-срезов) и рентгенографию коленного сустава (рентгеновская система Siemens Multix Fusion) с рентген непрозрачным шаблоном (стальной шар 32 мм в диаметре). Данные изображений были получены из системы (PACS), измерения выполнялись рентгенологами, не участвующими в исследовании, в программе RadiAnt DICOM Viewer 2020.2.

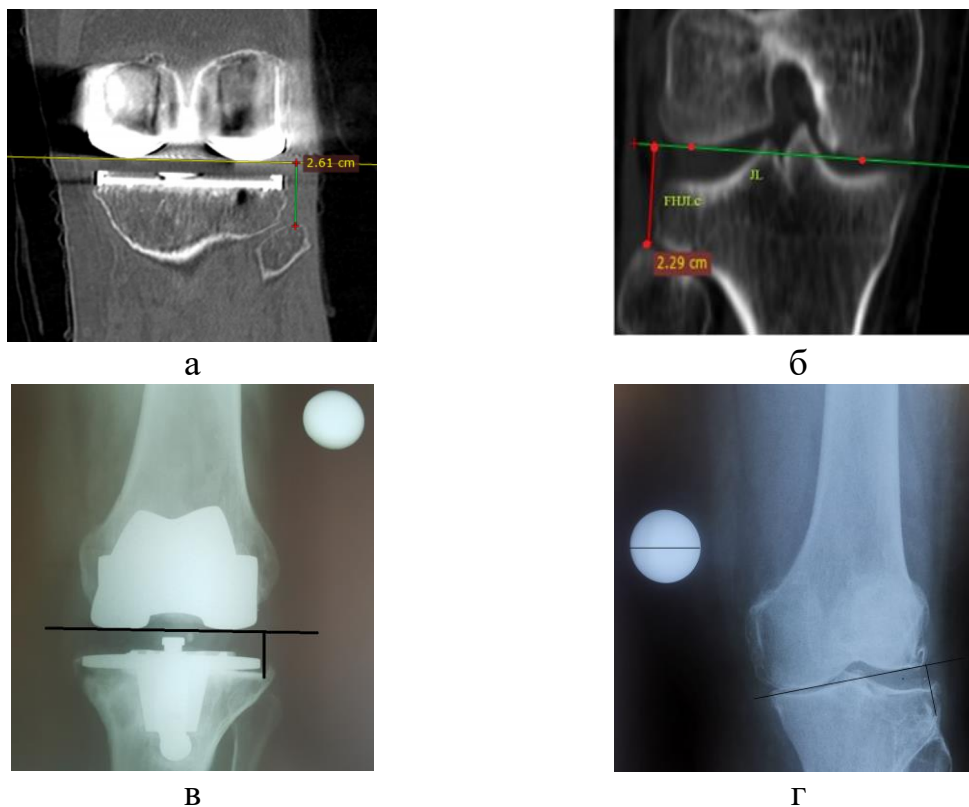


Рисунок 8 - Предоперационное планирование уровня щели КС: а - КТ коленного сустава в фронтальной проекции, б – КТ контралатерального коленного сустава, в - рентгенограмма в фронтальной проекции пораженного сустава, г – рентгенография контралатерального коленного сустава с шаблоном

После операции выполняли КТ и рентгенографию в фронтальной плоскости, измеряли высоту стояния щели сустава, характеризующую разгибательный промежуток, ориентируясь на вершину головки малоберцовой кости (Рисунок 9 а-б).

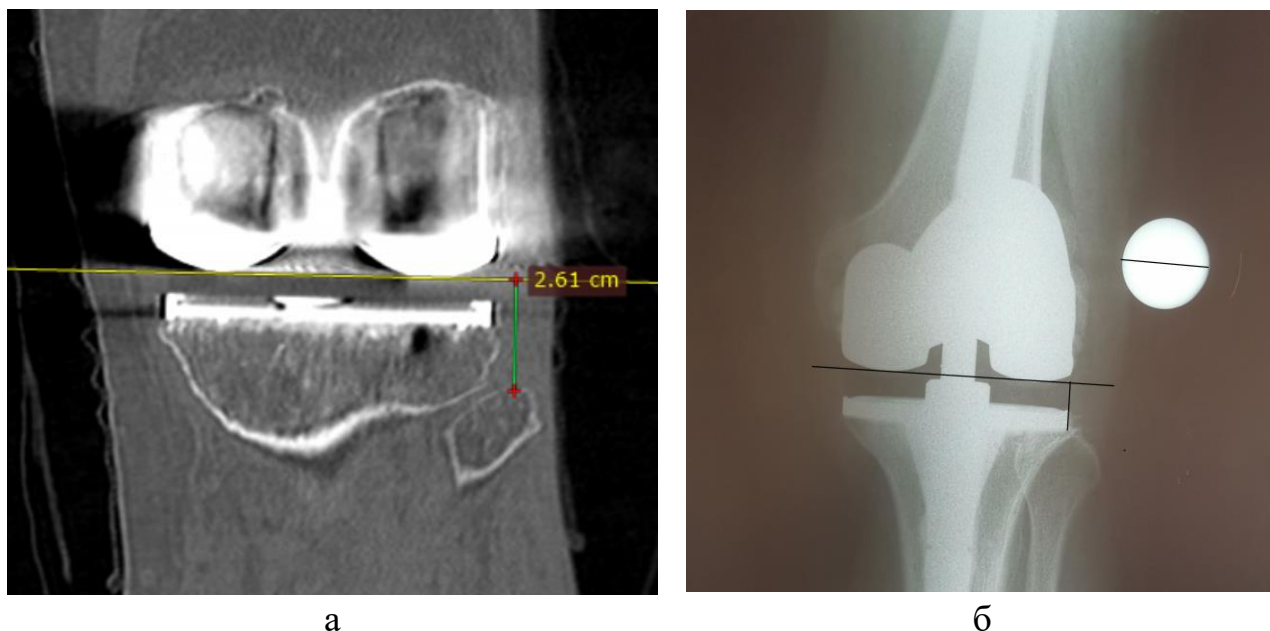


Рисунок 9- Измерение уровня щели коленного сустава после операции в фронтальной проекции до операции: а - КТ, б – рентгенограмма

В пред и послеоперационном периоде все пациенты проходили тестирование по шкале боли ВАШ, шкалам коленного сустава: OKS, FJS-12, KSS (боль и функция), SF-36 (параметрам: PF, RP, BP, GH, VI, SF, RE, MH).

2.3 Статистическая обработка данных исследования

Данные измерений вносили в электронную базу данных созданную в программе Excel, в ходе исследования изменения в которой не производили. Статистическую обработку проводили при помощи программы «IBM SPSS Statistics 22».

В качестве основных методов определения связи признаков и ввода в программу применялись:

- для изучения связи признаков, измеренных в номинальной шкале, признаков вида «да или нет», выполнялся анализ таблиц сопряженности, статистика Фишера-Пирсона χ^2 , в качестве меры связи рассчитывался коэффициент сопряженности - ϕ ;
- для признаков, измеренных в порядковой шкале - данных типа «лучше - хуже», тестовых баллов, - применялся коэффициент корреляции Кендела - τ ;
- для данных, измеренных в количественных шкалах, применялся коэффициент корреляции Пирсона – R_{xy} .

Оценка значимости различия средних значений показателей в независимых выборках производилась в программе с помощью t-критерия Стьюдента по формуле:

$$t = \frac{(X_1 - X_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2(n_1 - 1) + S_2^2(n_2 - 1)}{n_1 + n_2} \cdot \frac{(n_1 + n_2 - 2)}{n_1 n_2}}}$$

где t — критерий Стьюдента; X_1, X_2 — средние арифметические значения переменных; S_1 и S_2 - среднее квадратичное отклонение переменной в выборке; n_1 и n_2 — количество наблюдений в выборке

При малом числе наблюдений (до 30), при сравнении двух независимых групп по альтернативному признаку, принимающему два значения (либо «есть», либо «нет»), а также когда данные не соответствовали закону нормального распределения, использовался непараметрический метод оценки значимости различий по χ^2 - критерию Фишера-Пирсона.

При частоте изучаемого события менее 5 наблюдений использование χ^2 - критерия является некорректным и требовал использования точного критерия Фишера – ϕ :

$$\Phi = 2 \arcsin \sqrt{P}, P = m/n,$$

где P - относительная величина частоты признака от 0 до 1; m - число случаев интересующего признака

Направление (прямая или обратная) и силу корреляционной связи определяли по величине коэффициента линейной корреляции Пирсона:

$$R_{xy} = \frac{\sum x_i y_i - nxy}{\sqrt{(\sum x_i^2 - nx^2)(\sum y_i^2 - ny^2)}},$$

где R_{xy} - коэффициент корреляции; x , y - средние значения переменных для выборки n объектов

При $R_{xy} > 0$, связь оценивалась как прямая, при $R_{xy} < 0$ - как обратная. При $R_{xy} = 0$ - связь отсутствовала. Сила связи оценивалась: при $R_{xy} < 0,3$ — как слабая, при $0,3 \leq R_{xy} \leq 0,7$ — умеренная, при $R_{xy} > 0,7$ — сильная.

Достоверность коэффициента корреляции оценивалась по t-критерию Стьюдента (t):

$$t = \frac{r_{xy}}{\sqrt{\frac{1-r_{xy}^2}{n-2}}},$$

где r_{xy} - коэффициент корреляции; x , y - средние значения переменных для выборки n объектов

При нелинейности связи между признаками, отсутствии данных о нормальном характере их распределения, небольшом числе наблюдений сравниваемых признаков, а также, когда эти признаки носили порядковый характер, применялся непараметрический коэффициент ранговой корреляции Кендела - τ :

$$\tau = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n^3 - n},$$

где d - разность рангов для каждого объекта

Достоверность коэффициента ранговой корреляции Кендела оценивали на основе рассчитанного t-критерия Стьюдента.

При анализе таблиц сопряженности использовалась статистика Фишера-Пирсона χ^2 и рассчитывался коэффициент сопряженности (φ) для n признаков:

$$\varphi = \sqrt{\frac{1}{n} \chi^2}$$

Вычисляли средние величины и стандартную ошибку, сравнивали значения переменных в группе до операции и в процессе наблюдения до 1 года и между группами используя коэффициенты Стьюдента и χ^2 . Значение $p < 0,05$ считалось

статистически значимым в этом исследовании. Применявшиеся методы статистической обработки соответствовали дизайну исследования и позволяли решить поставленные задачи с достаточной достоверностью.

ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СУСТАВНОЙ ЩЕЛИ ПРИ РЕВИЗИОННОМ ПРОТЕЗИРОВАНИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА

3.1 Методика позиционирования сгибательного промежутка

Сгибательный промежуток формируется при резекции задних отделов мышечков бедренной кости, относительно проксимальной резекции большеберцовой кости при помощи специального инструмента. Предлагаемый нами инструмент состоит из двух телескопических втулок – направляющих прямоугольной формы с двумя выдвижными цапками, которые фиксируются с помощью четырех винтовых зажимов на надмышечках бедренной кости (Рисунок 10).

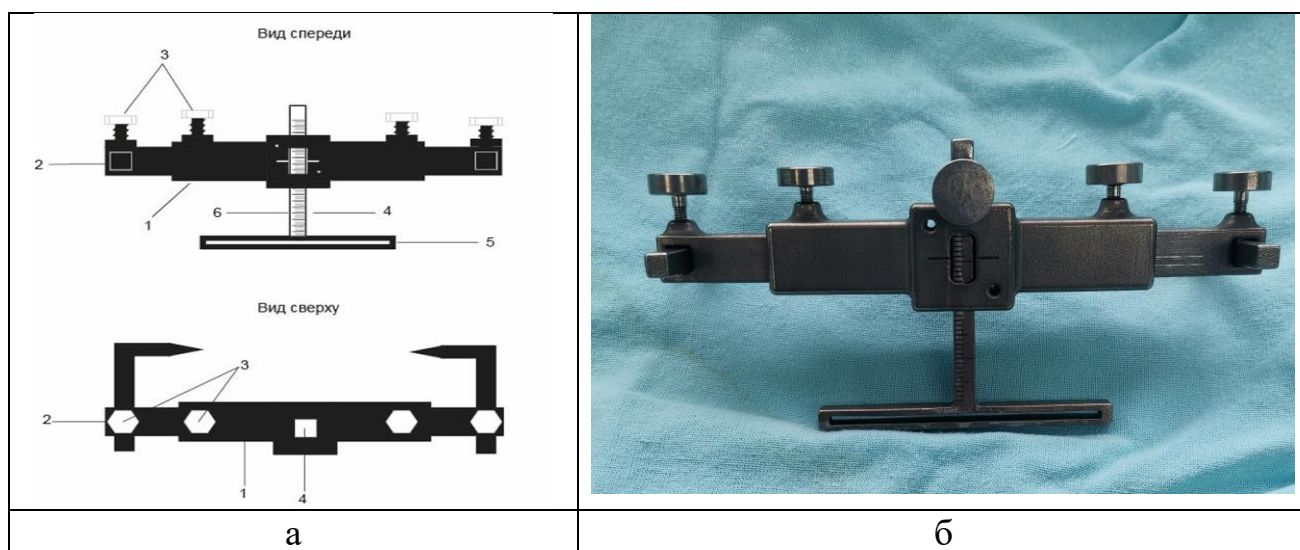


Рисунок 10 - Вид инструмента для определения уровня и ротации сгибательной щели коленного сустава при эндопротезировании коленного сустава; а- чертеж: 1 инструмент, 2 – выдвижная цапка, 3 – винтовые зажимы, 4 - Т-образная выдвижная планка, 5 – прорезь для осцилляторной пилы, 6 – миллиметровая шкала; б – вид инструмента

Также имеется выдвижная планка Т – образной формы, одна из частей которой имеет прорезь для осциллирующей пилы, так, чтобы направление

прорези было строго параллельно линии, проходящей через надмыщелки бедренной кости, а другая имеет миллиметровую шкалу, отображая расстояние от надмыщелковой линии до уровня резекции задних отделов мыщелков бедренной кости. Неподвижная часть инструмента имеет два отверстия для фиксации его пинами к бедренной кости. Отодвигая прорезь на заранее определенное расстояние, мы выставляем необходимый уровень резекции задних отделов мыщелков бедренной кости, строго параллельно надмыщелковой линии.

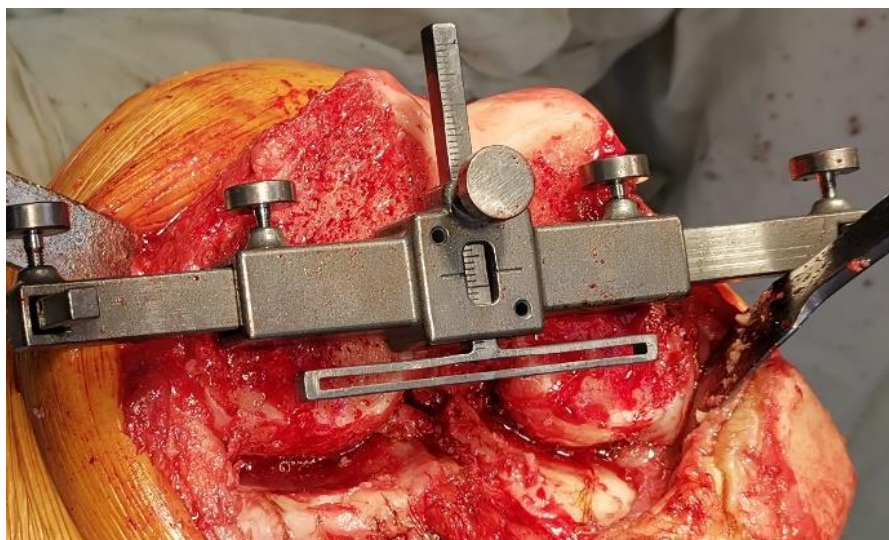
Хирургическая техника (клинический пример) предлагаемого нами способа направлена на точное восстановление уровня и ротации сгибательной щели при первичном эндопротезировании коленного сустава.

Пациентка Н. Г. И., 66 лет. Клинический диагноз: правосторонний гонартроз III стадии. Имеются показания к тотальному эндопротезированию правого коленного сустава.

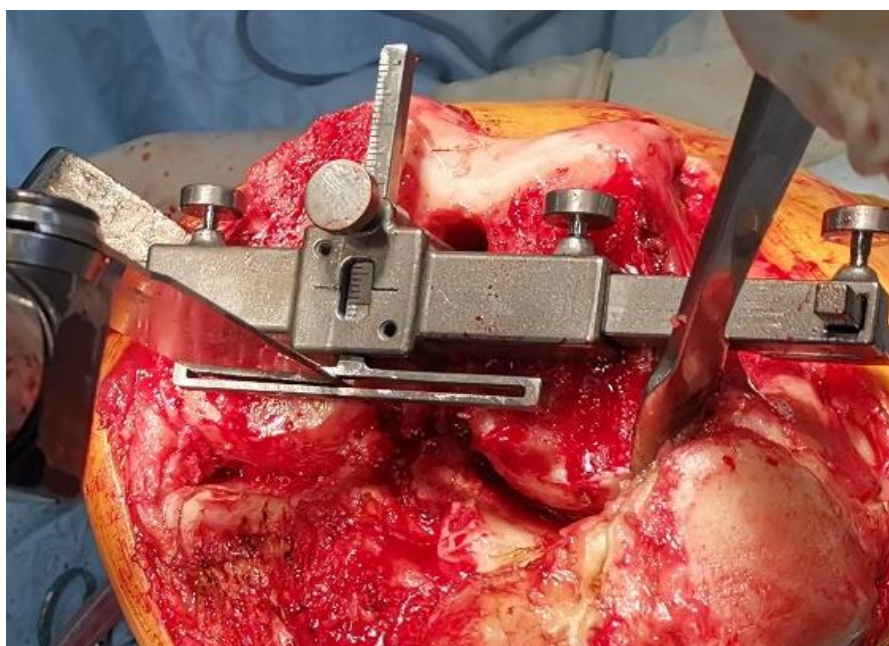
Перед операцией выполнена компьютерная томография левого коленного сустава, измерено расстояние от надмыщелков левой бедренной кости до линии, проведенной через наиболее выступающие точки задних отделов мыщелков бедренной кости. Расстояние от латерального надмыщелка – 24 мм, от медиального надмыщелка – 23 мм. При планировании определен размер бедренного компонента – Zimmer Nex Gen LPS Right – F. Известно, что толщина задних отделов этого бедренного компонента равна 9 мм. Таким образом расстояние от надмыщелковой линии до уровня задней резекции мыщелков бедренной кости - $24 - 9 = 15$ мм.

Операция: срединный кожный разрез по передней поверхности области правого коленного сустава длиной 15 см, выполнена медиальная артротомия, надколенник отведен кнаружи. По стандартной методике выполнена дистальная резекция мыщелков бедренной кости. На полученный ровный опил уложен предлагаемый нами инструмент прямоугольной формы с двумя выдвижными цапками, который фиксирован с помощью четырех винтовых зажимов на надмыщелках бедренной кости (Рисунок 11 а). Выдвижная Т-образная планка с прорезью с помощью миллиметровой шкалы выведена на 15 мм (согласно ранее

проведенным расчетам по здоровому коленному суставу). Выполнена резекция задних отделов мыщелков бедренной кости строго параллельно надмыщелковой линии (Рисунок 11 б).



а



б

Рисунок 11- А – фиксация инструмента, б – выполнение задней резекции мыщелков бедренной кости

С помощью стандартных инструментов выполнены оставшиеся резекции бедренной кости. По стандартной методике выполнена резекцию большеберцовой кости. Установлены примерочные компоненты эндопротеза. После примерочного

вправления и оценки функции коленного сустава, на костном цементе установлены компоненты эндопротеза коленного сустава. Рана послойно ушита наглухо с оставлением дренажа. Интраоперационно достигнуто полное разгибание коленного сустава, пассивное сгибание до 135 градусов. Рана послойно ушита наглухо с оставлением дренажа. После проведенной реабилитации спустя 7 дней после операции достигнуты аналогичные углы при активных движениях. Болевого синдрома нет, пациентка выписана под амбулаторное наблюдение.

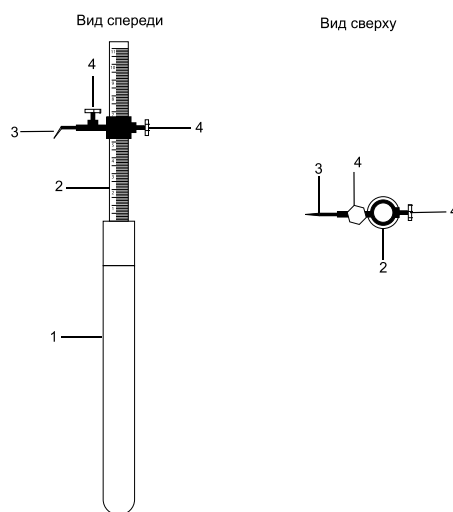
3.2 Методика позиционирования разгибательного промежутка

Хирургическая техника предлагаемого метода заключается в интраоперационном измерении уровня щели коленного сустава относительно верхушки головки малоберцовой кости специальным авторским интрамедуллярным измерителем. Инструмент, представляет из себя градуированный цилиндр с миллиметровой шкалой, на котором с помощью винтового зажима фиксируется щуп, длину которого можно менять с помощью второго винтового зажима. Вид инструмента для интраоперационного определения уровня щели по отношению к головке малоберцовой кости представлен на Рисунке 12.

Техника измерения состоит в следующем: после удаления компонентов эндопротеза канал большеберцовой кости обрабатывается риммерами возрастающего диаметра до достижения плотной фиксации интрамедуллярного стержня определенного диаметра, который соответствует диаметру измерителя. На интрамедуллярный направлятель монтируется резекционный блок для резекции большеберцовой кости. Далее стержень удаляется и осуществляется резекция проксимального отдела большеберцовой кости до достижения ровной площадки.



а



б

Рисунок 12 - Вид инструмента для интраоперационного определения уровня щели по отношению к головке малоберцовой кости (а), схема: 1 – примерочный интрамедуллярный стержень, 2 – калибровочный стержень, 3 – щуп, 4 – винтовые зажимы

В интрамедуллярный канал после резекции снова вставляется стержень направителя. На резьбу примерочного интрамедуллярного стержня накручивается предлагаемый нами инструмент, представляющий из себя градуированный цилиндр с миллиметровой шкалой, на котором с помощью винтового зажима фиксируется щуп, длину которого можно менять с помощью второго винтового зажима. Это щуп размещают на верхушке головки малоберцовой кости, а по миллиметровой шкале цилиндра мы точно измеряем расстояние от уровня резекции большеберцовой кости до верхушки головки малоберцовой кости (УРБ).

Необходимый уровень суставной щели коленного сустава (ЩКС) будет рассчитываться как сумма двух величин:

$$\text{ЩКС} = \text{УСЩ} + \text{УРБ}$$

где: УСЩ – расстояние от линии мыщелков бедренной кости или протеза в фронтальной плоскости, определенный при предоперационном планировании (КТ или рентгенологический), а на операции прямым измерением в положении

разгибания коленного сустава; УРБ - расстояние от уровня резекции большеберцовой кости до верхушки головки малоберцовой кости.

Таким образом, зная ЩКС мы можем с помощью бедренного и большеберцового компонента, клиньев и вкладыша необходимой толщины точно восстановить уровень суставной щели при ревизионном эндопротезировании коленного сустава.

Клинический пример предлагаемого нами способа направлена на точное восстановление уровня щели коленного сустава соответствующего первичному эндопротезированию, либо уровню контралатерального коленного сустава.

Пациент Б. Ю. И., 59 лет. Клинический диагноз: левосторонний гонартроз, тотальное эндопротезирование левого коленного сустава от 2019 года. Асептическое расшатывание тибиального компонента (Рисунок 13 а-б).

На момент осмотра у пациента клинических и лабораторных за рецидив перипротезной инфекции нет.

Перед операцией выполнена компьютерная томография правого коленного сустава, измерено расстояние от головки малоберцовой кости до уровня суставной щели УСЩ = 19 мм (рис. 4 в-г). При рентгенографии коленного сустава с калибровочным шаблоном (диаметр шара 32 мм) расстояние от нижнего контура бедренного компонента до вершины головки малоберцовой кости составило 20,2 мм, диаметр шаблона 34,5 мм, при расчете масштаба рентгенограммы получаем $УСЩ = (32 \text{ мм} \times 20,2 \text{ мм}) / 34,5 \text{ мм} = 18,7 \text{ мм}$. (рис. 4 г), Планируемый уровень суставной щели 19 мм от верхушки головки малоберцовой кости.



а



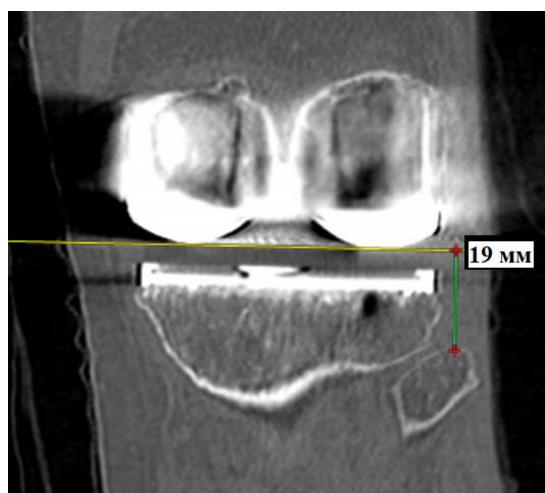
б



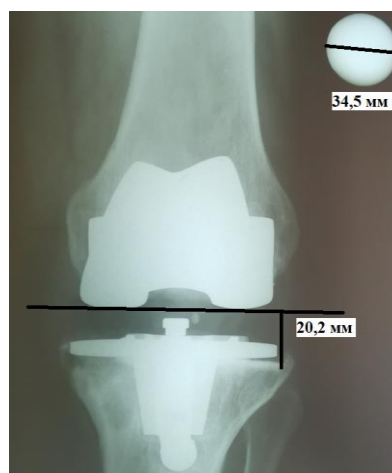
в



г



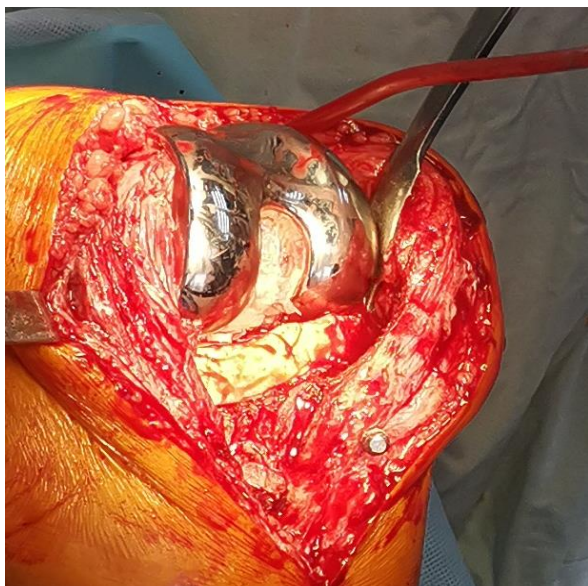
д



е

Рисунок 13 - Пациент Б.Ю.И., 59 лет.: рентгенограммы в сагиттальной (в) и фронтальной проекции (г), до операции; измерение уровня суставной щели: д – КТ в фронтальной проекции, е – рентгенография с шаблоном фронтальная проекция

14 октября 2021 года выполнено ревизионное эндопротезирование левого коленного сустава. По старому послеоперационному рубцу осуществлен доступ к левому коленному суставу. Надколенник отведен кнаружи, выделен эндопротез, который удален без технических трудностей (Рисунок 14 а-г). Канал большеберцовой кости рассверлен римерами возрастающего диаметра до 14 мм. В канал установлена примерочная ножка эндопротеза с направителем для резекции большеберцовой кости. Выполнена экономная резекция большеберцовой кости до достижения ровной площадки (Рисунок 14 д).



а



б



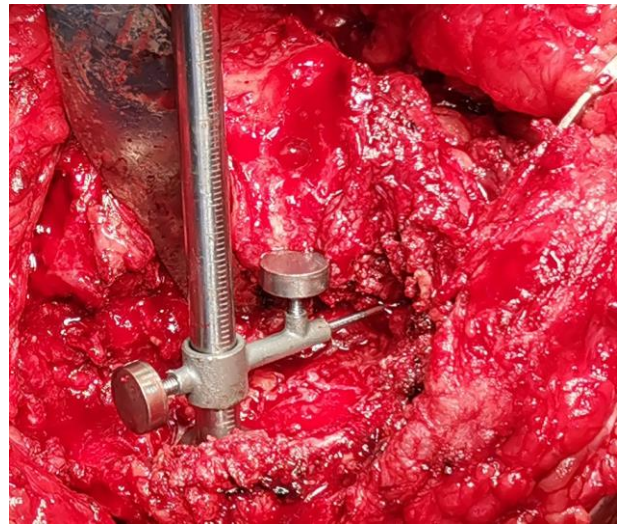
в



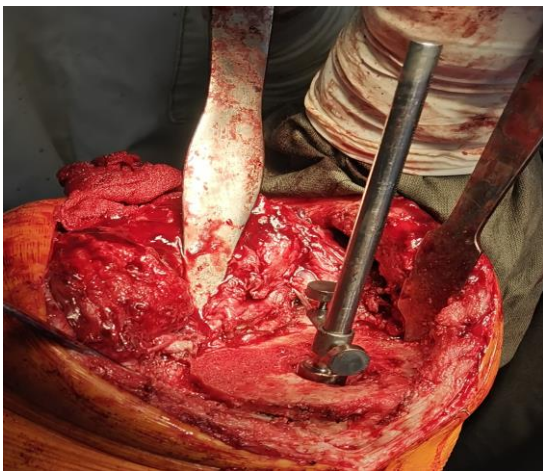
г



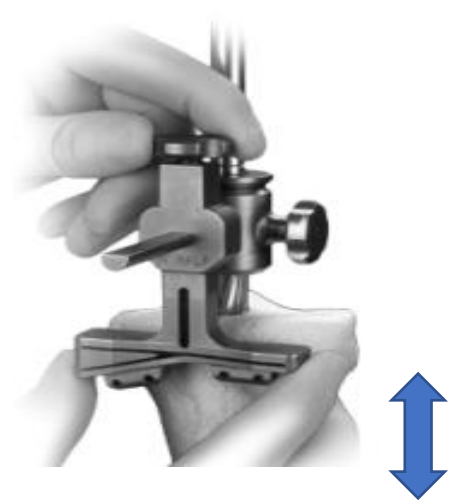
Д



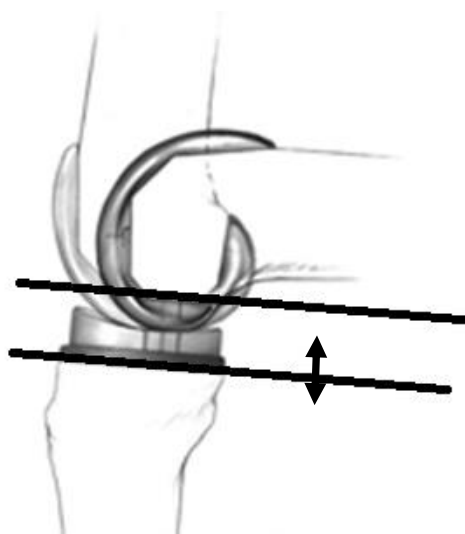
е



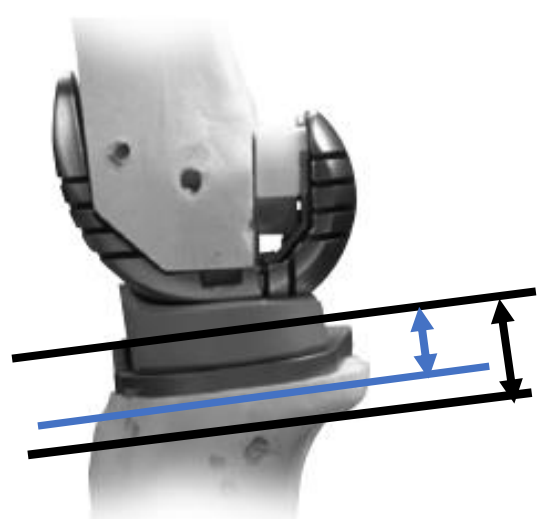
ж



з



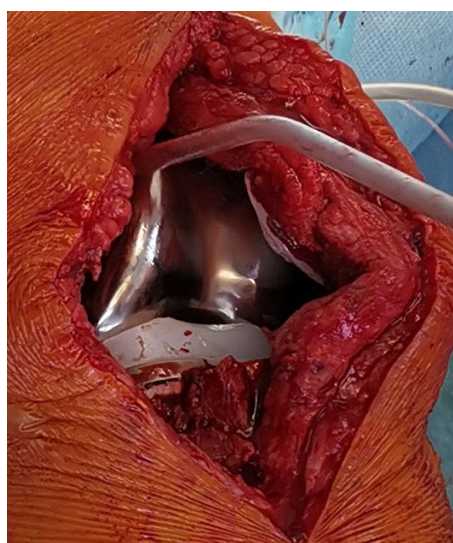
и



к



Л



М



Н

Рисунок 14 - Пациент Б.Ю.И., 59 лет.: интраоперационные фотографии (объяснения в тесте)

Далее на резьбу примерочного стержня накручен предлагаемый нами инструмент. Регулируя с помощью двух винтовых зажимов, щуп располагают точно на головке малоберцовой кости (Рисунок 14 е-ж). С помощью миллиметровой шкалы инструмента измеряют расстояние от уровня верхушки головки малоберцовой кости до плоскости большеберцовой кости $УРБ = 6 \text{ мм}$. Таким образом сумма двух расстояний (УЩК) составила 25 мм.

Толщина площадки большеберцового компонента составляет 3 мм. С добавлением тибиального блока 5 мм и установкой прокладки 17 мм получен уровень суставной щели 25 мм от уровня резекции тибиального плато и 19 мм от уровня верхушки головки малоберцовой кости, что полностью соответствует

уровню суставной щели здоровой стороны. При необходимости повторной резекции бедренной или большеберцовой костей измерения снова повторяют (Рисунок 14 ж-з).

Далее, учитывая уровень суставной щели выполнена реконструкция бедренной кости (Рисунок 14 и-к). После примерочного вправления установлены окончательные компоненты эндопротеза коленного сустава (Рисунок 14 л).
Интраоперационно: полное разгибание коленного сустава



а



б



в



г



д



е

Рисунок 15 - Пациент Б.Ю.И., 59 лет.: а-б – рентгенограммы после операции, в-г - объем движений на 7 сутки, и через 12 мес. (д-е)

(Рисунок 14 м), пассивное сгибание до 120° . Рана послойно ушита наглухо с оставлением дренажа (Рисунок 14 н).

После проведенной реабилитации спустя 7 дней после операции на рентгенограммах стояние имплантата правильное (Рисунок 15 а-б), достигнут интраоперационный диапазон движений ($180^\circ-70^\circ$, Рисунок 15 в-г). Болевого синдрома нет (Рисунок 15 д-е), пациент выписан под амбулаторное наблюдение, которое проводили в течение 12 мес.

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СУСТАВНОЙ ЩЕЛИ ПРИ РЕВИЗИОННОМ ПРОТЕЗИРОВАНИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА

4.1 Результаты I этапа исследования

Абсолютные величины длины измеренных отрезков между каждым из анатомических ориентиров и линией коленного сустава по результатам компьютерной томографии представлены в таблице 1. Все абсолютные значения измеренных величин за исключением PPDJL ($p = 0,832$), были статистически значимы и имели различия между полами ($P < 0,05$; Таблица 3). Статистической разницы по возрасту отмечено не было ($p=0.267$).

Таблица 3- Результаты компьютерной томографии I этапа исследования

Показатель	Общие (n=60)	Мужчины (n=23)	Женщины (n=37)	p
ВОЗРАСТ	43.067±13.42	40.609±12.168	44.595±14.086	0.267
ATDJL	43.005±2.106	44.4±1.813	42.138±1.801	<0.001
MEDJL	27.682±1.873	29.052±1.607	26.83±1.492	<0.001
LEDJL	22.468±1.467	24±1.469	21.516±1.654	<0.001
TTJL	27.413±3.315	29.322±2.419	26.227±3.266	<0.001
FHJL	17.547±2.829	18.474±2.88	16.97±2.676	0.044
MERJL	27.657±1.905	29.091±1.696	26.765±1.435	<0.001
LEPJL	22.503±2.118	23.909±1.597	21.63±1.937	<0.001
PPDJL	10.681±3.193	10.793±2.993	10.611±3.351	0.832
ATPJL	43.04±2.105	44.457±1.824	42.159±1.774	<0.001
FW	77.92±6.452	84.43±3.83	73.873±3.916	<0.001
TW	43.138±3.627	45.33±2.872	41.776±3.398	<0.001
FHJLc	24.738±3.609	23.457±3.707	25.535±3.353	0.029

* - среднее значение (MS) ± средняя ошибка (SD)

При проведении таких же исследований при МРТ также абсолютные величины длины измеренных отрезков между каждым из анатомических ориентиров и линией коленного сустава по результатам магнитно-резонансной томографии представлены в таблице 2. Все абсолютные значения измеренных величин за исключением PPDJL ($p = 0,261$), были статистически значимы и имели различия между полами ($P < 0,05$; Таблица 4). Статистической разницы по возрасту отмечено не было ($p=0.168$).

Таблица 4 - Результаты магнитно-резонансной томографии I этапа исследования

Показатель	Общие (n=273)	Мужчины (n=101)	Женщины (n=172)	p
ВОЗРАСТ	46.066±15.944*	44.327±14.89	47.087±16.489	0.168
ATDJL	43.358±3.828	45.434±2.79	42.139±3.837	<0.001
MEDJL	27.929±2.524	29.715±2.235	26.88±2.054	<0.001
LEDJL	22.101±2.167	23.714±1.774	21.154±1.787	<0.001
TTJL	28.153±3.383	29.707±3.589	27.24±2.9	<0.001
FHJL	16.792±2.821	18.106±2.808	16.02±2.535	<0.001
MEPJL	27.892±2.832	29.86±2.916	26.737±2.038	<0.001
LEPJL	22.09±2.417	23.652±2.106	21.172±2.1	<0.001
PPDJL	11.405±3.579	11.723±3.814	11.218±3.431	0.261
ATPJL	43.225±2.943	45.252±2.754	42.035±2.343	<0.001
FW	78.318±6.585	84.772±4.763	74.582±4.082	<0.001
TW	42.206±4.42	45.646±3.829	40.187±3.379	<0.001
FHJLc	24.106±3.575	25.935±3.761	23.032±2.988	<0.001

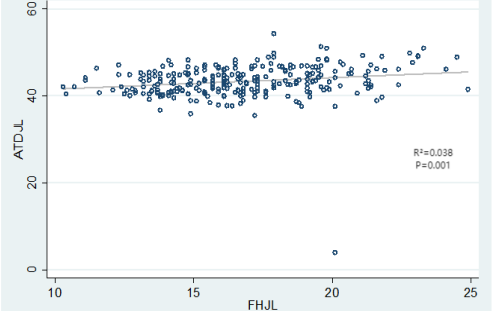
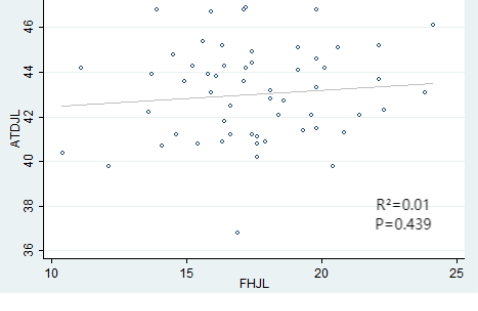
* - среднее значение (MS) ± средняя ошибка (SD)

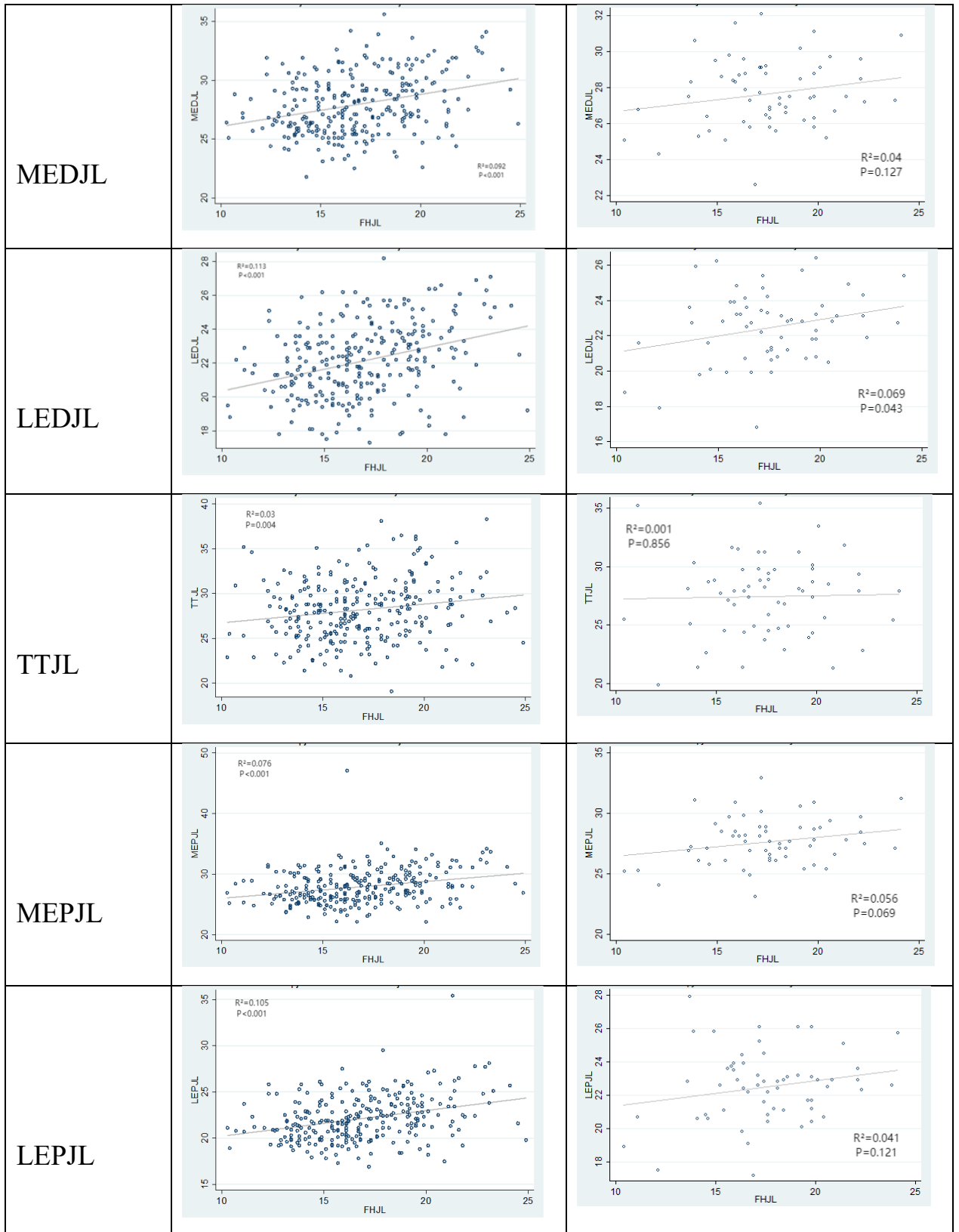
При этом при КТ и МРТ исследованиях статистические значения измеренной длины отрезков не зависели от проекции, пола и возраста, однако данные компьютерной томографии показали большую точность измерений, что

важно данное исследование возможно применять при наличии протеза после операции.

При проведении линейного регрессионного анализа расстояния от различных анатомических ориентиров по отношению к линии коленного сустава выявили слабую линейную зависимость измеренных величин за исключением расстояния ТТЈЛ ($R^2 = 0.03$ при $p=0.004$) отрезка от точки большеберцового бугорка до точки пересечения перпендикулярной линии с линией коленного сустава в сагиттальной проекции, в остальных измерениях, выполненных на сканограммах МРТ линейная зависимость была слабая, при высокой статистической значимости результатов, данные представлены на Рисунок 16.

При линейном регрессионном анализе данных компьютерной томографии отношения измеренных параметров к уровню линии коленного сустава линейные взаимоотношения величин были слабые, кроме отношений между FHJL и LEDJL ($R^2 = 0.069$ при $p=0.043$) и TW ($R^2 = 0.077$ при $p=0.031$), которые можно оценить как положительные, в остальных случаях отрицательные с высокой степенью статистической значимости.

Отношение показателей FHJL	МРТ (n=273)	КТ (n=60)
ATDJL		



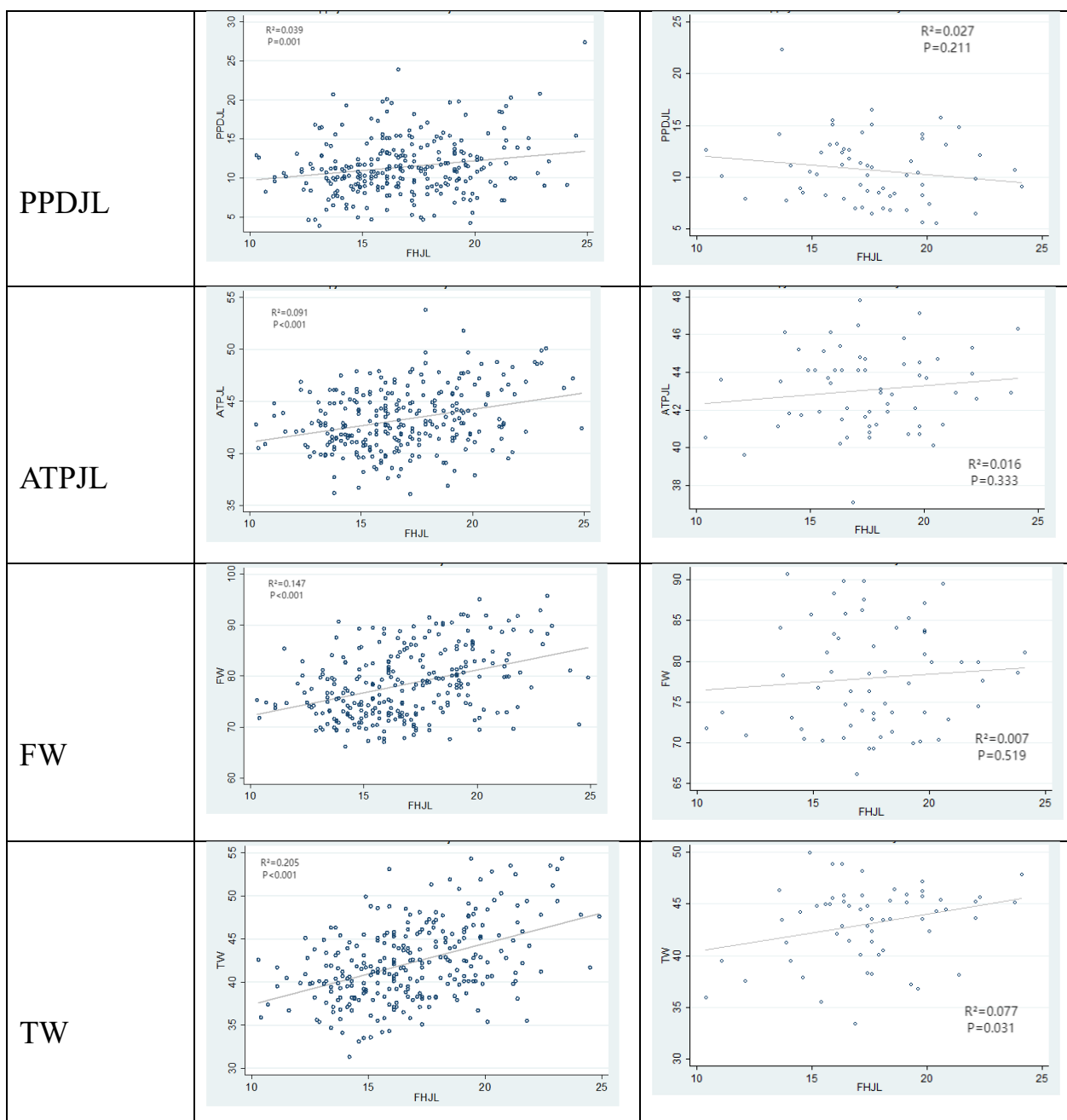


Рисунок 16 - Результаты сравнения линейного регрессионного анализа исследования между МРТ и КТ

Данные линейного регрессионного анализа показателей в аксиальной плоскости имели идентичные значения и степень достоверности. Таким образом по данным регрессионного анализа наиболее точным следует считать компьютерную томографию с определением расстояния от головки малоберцовой кости, с которыми наиболее выраженная корреляция с расстоянием от латерального надмыщелка и шириной большеберцовой кости в сагиттальной проекции.

4.2 Результаты II этапа исследования

В послеоперационном периоде после купирования острого болевого синдрома на 5–7 сутки всем больным обеих групп были выполнены компьютерная томография и рентгенологическое исследование коленного сустава. При компьютерной томографии мы определяли высоту стояния суставной щели до и после операции в фронтальной и сагитальной проекциях относительно верхушки малоберцовой кости и расстояние от оси бедренной кости до задней поверхности внутреннего мыщелка в сагитальной плоскости. Следует отметить, что в обеих группах высота стояния щели сустава в фронтальной и сагитальной плоскости после операции была незначительно меньше, чем до операции, а расстояние от оси бедренной кости до задней поверхности внутреннего мыщелка в сагитальной плоскости было больше, чем до операции, при этом статистически значимой разницы в показателях нам установить не удалось (Таблица 5).

Таблица 5 - Результаты КТ II этапа исследования

Показатели	Общие (n=41)	I группа (n=21)	II группа (n=20)	p*
R1	26.371±2.326	26.345±2.585	26.395±2.115	0.946
R2	19.868±2.062	20.045±1.936	19.7±2.21	0.599
R3	38.793±2.793	38.345±2.753	39.219±2.83	0.323
R4	24.02±2.98	24.285±2.995	23.767±3.017	0.584
R5	18.856±2.495	19.315±2.009	18.419±2.865	0.256
R6	41.959±3.341	41.876±3.686	42.045±3.031	0.874
R1-R4	2.351±2.4	2.06±2.368	2.629±2.455	<0.001**
R2-R5	1.012±1.585	0.73±1.56	1.281±1.6	<0.001**
R3-R6	-3.166±2.057	-2.657±2.143	-3.7±1.717	<0.001**

R1 - Высота щели коленного сустава в фронтальной проекции до операции, мм;

R2 - Высота щели коленного сустава в сагитальной проекции до операции, мм;

- R3 – Расстояние от оси бедренной кости до задней поверхности внутреннего мыщелка в сагитальной плоскости до операции, мм;
 R4 - Высота щели коленного сустава в фронтальной проекции после операции, мм;
 R5 - Высота щели коленного сустава в сагитальной проекции после операции, мм;
 R6 - Расстояние от оси бедренной кости до задней поверхности внутреннего мыщелка (фланца эндопротеза) в сагитальной плоскости после операции, мм;
 R1-R4 – ошибка (разница расстояний между R1 R4), мм;
 R2-R5– ошибка (разница расстояний между R2 R5), мм;
 R3-R6– ошибка (разница расстояний между R3 R6), мм;
 * - $p < 0.05$
 ** - показатель p при сравнении групп до и после операции.

Однако, при сравнении высоты стояния суставной щели до и после операции, при определении разницы расстояний (ошибки) в обеих плоскостях была получена высокая статистическая достоверность (< 0.001): в фронтальной плоскости среднем на $2,4 \pm 2.4$ мм, в первой группе 2.1 ± 2.4 мм, во второй 2.6 ± 2.5 мм. Расстояние от оси бедренной кости до задней поверхности внутреннего мыщелка (фланца эндопротеза) в сагитальной плоскости после операции было больше чем до операции (отрицательные значения), но у пациентов основной группы ошибка была значительно меньше, что говорит о общей тенденции и необходимости точного позиционирования сгибательной щели коленного сустава. Ошибка (разница в расстоянии R1-R4) в фронтальной проекции составила около 20,7% (I группа 2.06 ± 2.368 , II группа 2.629 ± 2.455 , $p < 0.001$), в сагитальной (разница в расстоянии R2-R5) – 42,9 % (I группа 0.73 ± 1.56 , II группа 1.281 ± 1.6 , $p < 0.001$), в сагитальной проекции (R3-R6) 28,2% (I группа -2.657 ± 2.143 , II группа -3.7 ± 1.717 , $p < 0.001$).

Данные рентгенологического исследования подтвердили общую тенденцию более точного позиционирования сгибательно-разгибательного промежутков при применении предложенного специального инструмента у пациентов основной группы. Анализ послеоперационных рентгенограмм в сагитальной проекции также подтвердил (отрицательные числа ошибки) направление смещения уровня резекции в тыльную сторону. При традиционной мануальной технике операции (II группа пациентов) в обеих проекциях ошибка была больше чем у пациентов основной группы (I группа) при высокой статистической достоверности результатов сравнения групп между собой (Таблица 6).

Таблица 6 - Результаты рентгенологического исследования II этапа

Показатели	Общие (n=41)	I группа (n=21)	II группа (n=20)	p*
R1	17.427±2.392	16.957±2.232	17.92±2.511	0.202
R2	41.62±2.639	41.429±2.473	41.82±2.853	0.641
R3	16.856±2.271	16.433±2.263	17.3±2.249	0.226
R4	45.107±2.799	44.933±2.631	45.29±3.023	0.689
B1	32.146±0.367	32.148±0.294	32.145±0.438	0.982
B2	32.173±0.323	32.186±0.345	32.16±0.305	0.802
B3	32.115±0.234	32.162±0.222	32.065±0.241	0.189
R1-R3	0.571±2.042	0.524±1.795	0.62±2.319	<0.001**
R2-R4	-3.488±1.068	-3.47±1.084	-3.505±1.079	<0.001**

R1 - Высота щели коленного сустава в фронтальной проекции до операции, мм;

R2 - Высота щели коленного сустава в сагитальной проекции до операции, мм;

R3 - Высота щели коленного сустава в фронтальной проекции после операции, мм;

R4 - Высота щели коленного сустава в сагитальной проекции после операции, мм;

B (1,2,3,4) – диаметр измерительного калибровочного шара, мм;

R1-R3 – ошибка (разница расстояний между R1 R3), мм;

R2-R4 – ошибка (разница расстояний между R2 R4), мм;

* - $p < 0.05$

* - показатель p при сравнении групп до и после операции.

Следует отметить, что технология рентгенологического исследования более сложная и в большей степени зависит от положения конечности во время исследования (проекция) и необходимости использовать ориентир для более точного масштабирования снимков, что снижает ошибки измерений, но они отражают общую тенденцию и могут быть использованы в рутинной практике.

Таким образом, при наличии общей ошибки до 10% (до операции 26.371 ± 2.326 мм и после операции 24.02 ± 2.98 мм, ошибка составила 2.351 ± 2.4 мм) при сравнении групп между собой с высокой статистической достоверностью можно сказать, на основании результатов КТ исследования, что предложенный метод с использованием специального авторского устройства позволяет более точно позиционировать разгибательный промежуток фронтальная проекция на

20,7%, сагиттальная проекция на 42,9%, сгибательный на 28,2%, то есть определять и устанавливать уровень щели коленного сустава (Таблица 7).

Таблица 7 - Результаты II этапа исследования

Показатели		Пациенты		p
		I группа (n=21)	II группа (n=20)	
Высота щели коленного сустава в фронтальной проекции, мм;	до операции	26.3±2.6	26.4±2.1	0.946*
	после операции	24.3±2.9	23.8±3.0	0.584*
Расстояние от оси бедренной кости до задней поверхности внутреннего мыщелка в сагиттальной плоскости, мм;	до операции	38.3±2.8	39.2±2.8	0.323*
	после операции	41.9±3.7	42.1±3.0	0.874*
Разница в высоте суставной щели в фронтальной проекции до и после операции, мм;		2.1±2.4	2.6±2.5	<0.001**
Разница в высоте суставной щели в сагиттальной проекции до и после операции, мм;		-2.7±2.1	-3.7±1.7	<0.001**

* - показатель p при сравнении групп;

** - показатель p при сравнении групп до и после операции.

Сравнение высоты стояния суставной щели до и после операции в обеих плоскостях дало высокую статистическую достоверность: в фронтальной плоскости около 20,7% (I группа 2.06 ± 2.368 , II группа 2.629 ± 2.455 , $p < 0.001$), в сагиттальной проекции 28,2% (I группа -2.657 ± 2.143 , II группа -3.7 ± 1.717 , $p < 0.001$). То есть, на основании результатов КТ исследования, что предложенный метод с использованием специального авторского устройства позволяет более точно позиционировать разгибательный промежуток на 20,7%, сгибательный на 28,2% точнее позиционировать уровень щели коленного сустава.

При тестировании болевого синдрома до и после операции в обеих группах отмечена значительная статистически значимая положительная динамика по сравнению с базовыми показателями до операции, однако, статистически значимой разницы между группами выявлено не было (Рисунок 17).

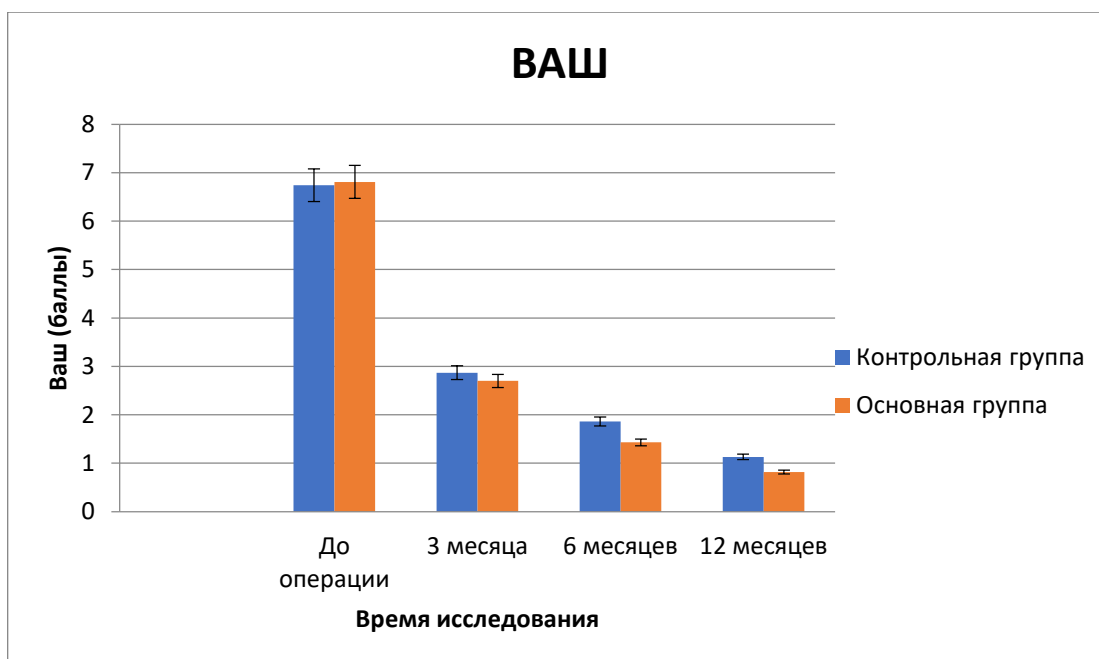


Рисунок 17 - Динамика изменения болевого синдрома

Шкала коленного сустава OKS является специальной для определения функции коленного сустава до и после операции, динамика показателей показывает значительное улучшение функции конечности после операции в сравнении с предоперационной при высокой статистической значимости, но между группами, несмотря на незначительно лучшую динамику в основной группе, статистической значимости между группами выявлено не было (Рисунок 18).

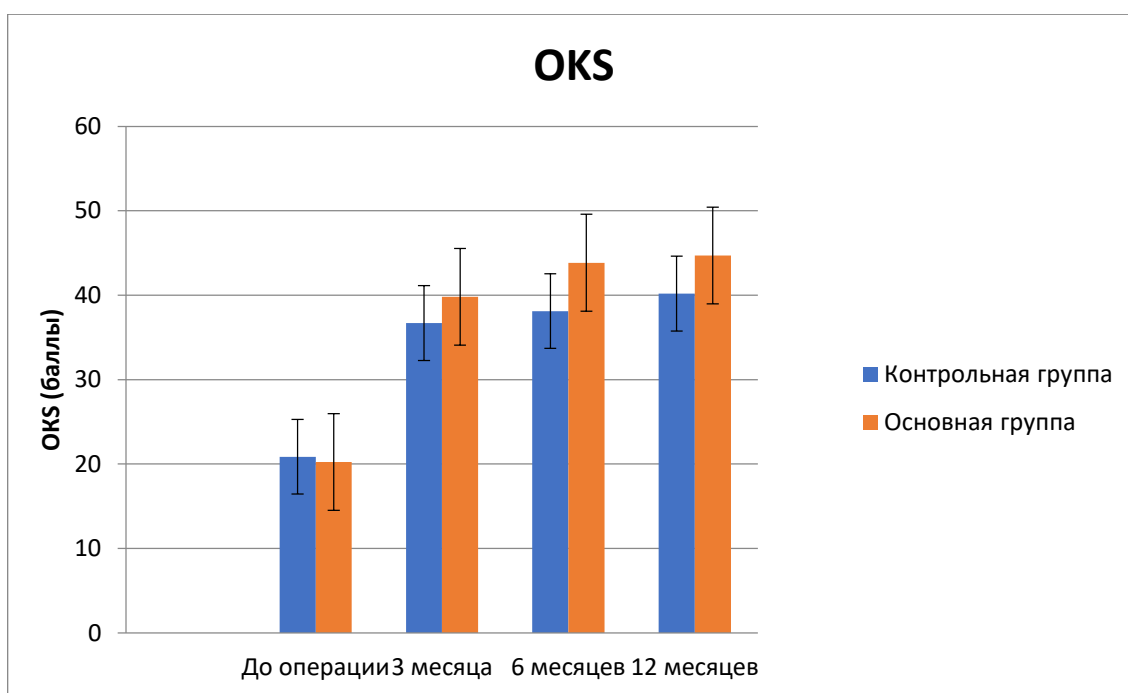


Рисунок 18 - Динамика изменения функции сустава по шкале OKS

Шкала KSS включает два показателя боль и функционирование коленного сустава после операции при анализе данных показателей выявлена значительная статистически значимая динамика при сравнении до и после операции в обеих группах, но различия между группами выявлено не было (Рисунок 19).

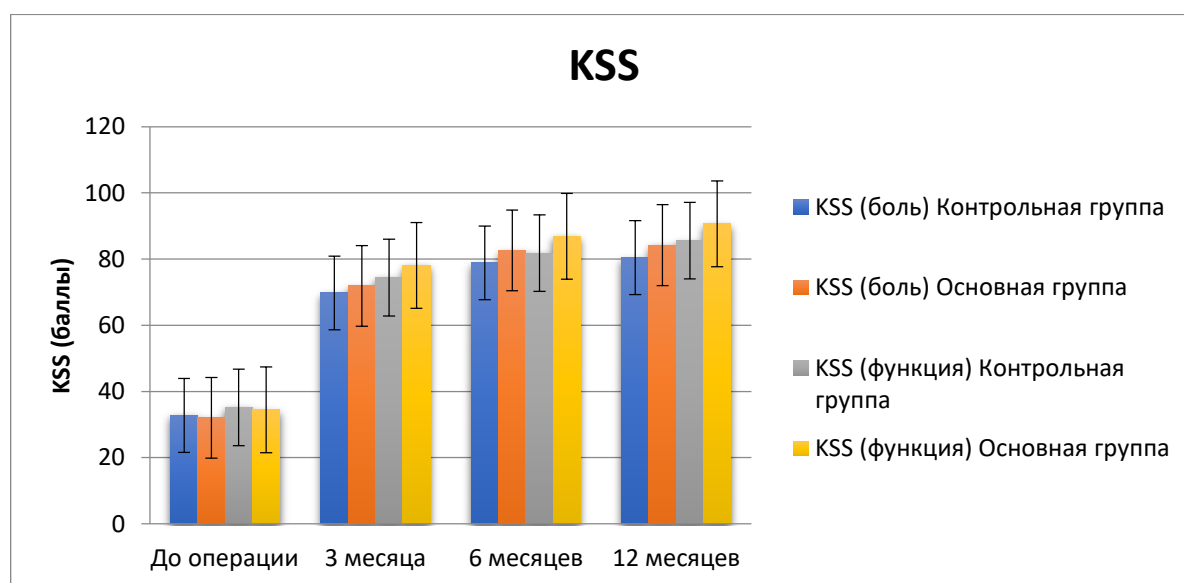


Рисунок 19 - Динамика изменения показателей (боли и функции KSS)

Специализированная статья по комплексной субъективной оценке функционирования эндопротезов FJS-12 демонстрирует ту же динамику, что и предыдущие шкалы, через 12 месяцев после операции до 90 % пациентов «забывают» об эндопротезировании коленного сустава, однако статистически достоверной разницы между группами не выявлено (Рисунок 20).

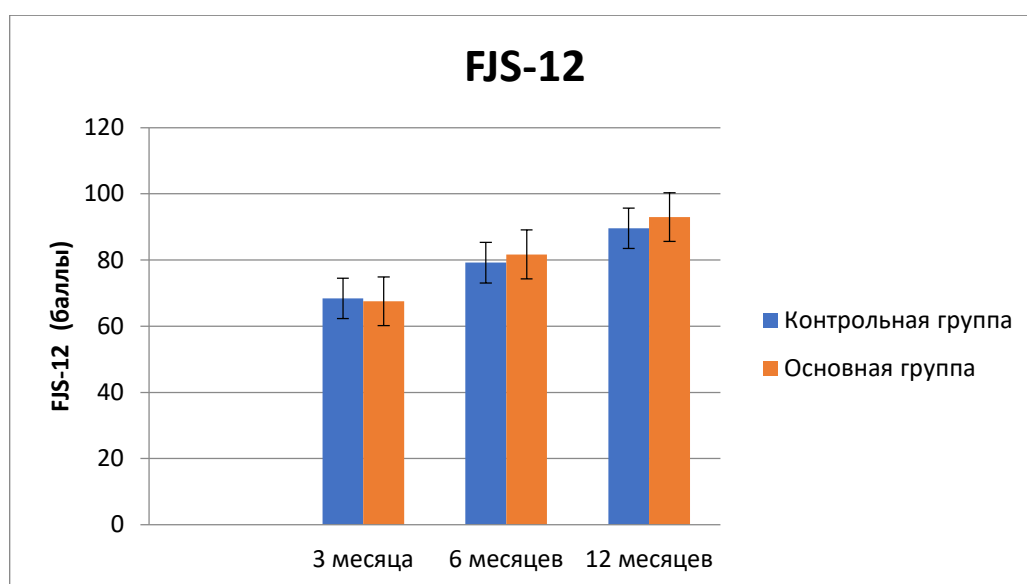


Рисунок 20 - Динамика изменения показателя по шкале FJS-12

Динамика качества жизни пациента является наиболее информативным показателем эффективности хирургического лечения пациента, большое количество показателей по шкале SF-36 в обеих группах до и после операции показано на Рисунок 21. Переменные, показывающие физические и психические параметры качества жизни после операции свидетельствуют о значительном улучшении в обеих группах, но статистической разницы мы не выявили.

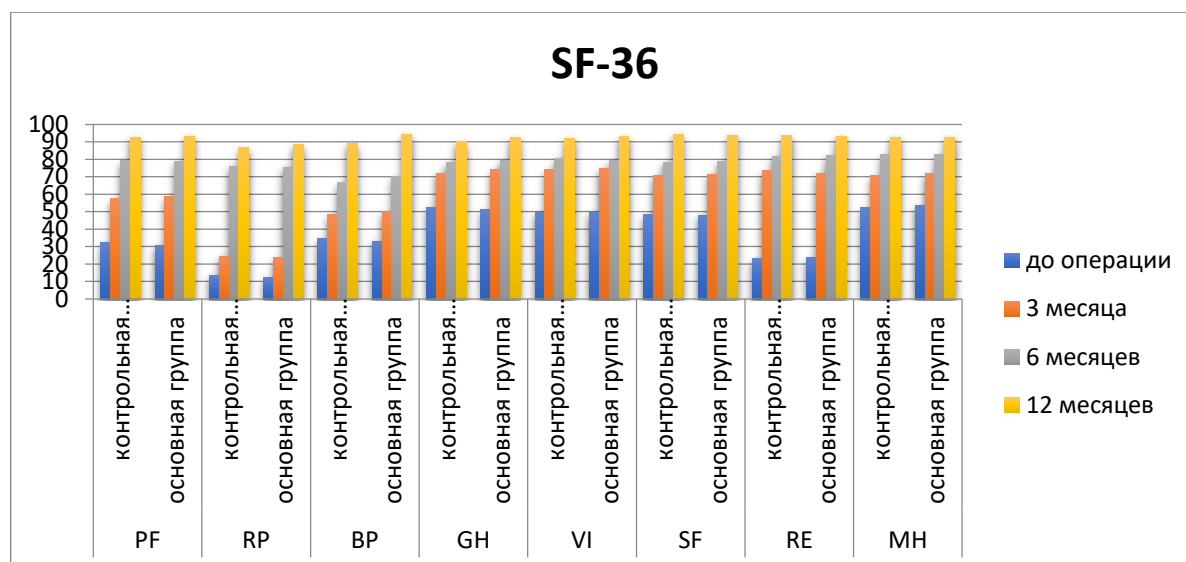


Рисунок 21 - Динамика изменения показателей по шкале SF-36

Полные результаты тестирования пациентов обеих групп по шкалам до и после операции представлены в Таблице А.1.

4.3 Результаты III этапа исследования

В послеоперационном периоде всем пациентам проводили реабилитационную программу, купирование болевого синдрома, профилактику инфекции и тромбоза, раннюю активизацию по единому протоколу.

Рентгенологическое исследование и компьютерную томографию коленного сустава выполняли на 7 сутки после восстановления полного разгибания (Таблица 8).

Таблица 8 - Высота щели коленного сустава по результатам лучевых методов исследований

Показатели			Пациенты		p
			I группа (n=31)	II группа (n=33)	
КТ	Высота щели КС в фронтальной проекции, мм;	до операции	21.9±3.3	20.8±3.0	0.946*
		после операции	23.7±3.4	23.4±2.1	0.584*

Продолжение Таблицы 8

КТ	Разница в высоте суставной щели в фронтальной проекции до и после операции, мм/0% [#] ;		1.7±2.1/7,2	2.6±2.5/11,1	0.028**
Рентгено- графия	Высота щели КС в фронтальной проекции, мм;	до операции	22.1±3.7	20.2±3.0	0.323*
		после операции	24.3±2.8	23.9±2.8	0.874*
	Разница в высоте суставной щели в фронтальной проекции до и после операции, мм;		2.2±2.1/9,1	3.7±1.7/15,5	0.019**

* - показатель р при сравнении групп;

** - показатель р при сравнении групп до и после операции;

- ошибка (или разница до и после операции) в процентном отношении к средней величине уровня щели сустава.

Необходимо отметить, что несмотря на применение калибровочного шаблона и пересчета результата высоты стояния суставной щели при рентгенологическом исследовании результаты отличались от данных КТ, которые на наш взгляд более точные.

По данным КТ высота стояния суставной щели в фронтальной плоскости до операции между группами практически не различалась (I группа 21.9±3.3, II группа 23.4±2.1, p=0.946), но после операции в обеих группах высота щели была больше чем до операции, без статистической разницы (I группа 23.7±3.4, II группа 20.8±3.0, p=0.584). Однако, сравнивая величину ошибки - разницы уровня щели сустава до и после операции между группами составляла от 1,7 мм в I группе (7,2%), до 2,6 мм во II группе (11,1%), таким образом применение инструмента позволяет уменьшить ошибку на 3,9%, то есть примерно на 1 мм точнее чем при стандартной методике имплантации протеза коленного сустава, при высокой статистической значимости результата (p=0.028).

По результатам рентгенологического исследования, которое подтвердила тенденцию предыдущего исследования, однако величина ошибки до и после операции с применением предложенного авторами измерителя была больше на 1,5 мм (6,4 %), чем в группе стандартной техники ревизионного эндопротезирования, с высокой степенью статистической значимости (p=0.019).

То есть, на основании результатов исследования можно сказать, что предложенный метод с использованием специального авторского устройства позволяет более точно позиционировать разгибательный промежуток (на 3,9% по данным КТ, и на 6,4% рентгенографии) точнее позиционировать уровень щели коленного сустава.

При тестировании болевого синдрома до и после операции в обеих группах отмечена значительная статистически значимая положительная динамика по сравнению с исходными (базовыми) показателями до операции, однако, статистически значимой разницы между группами выявлено не было (Рисунок 22).

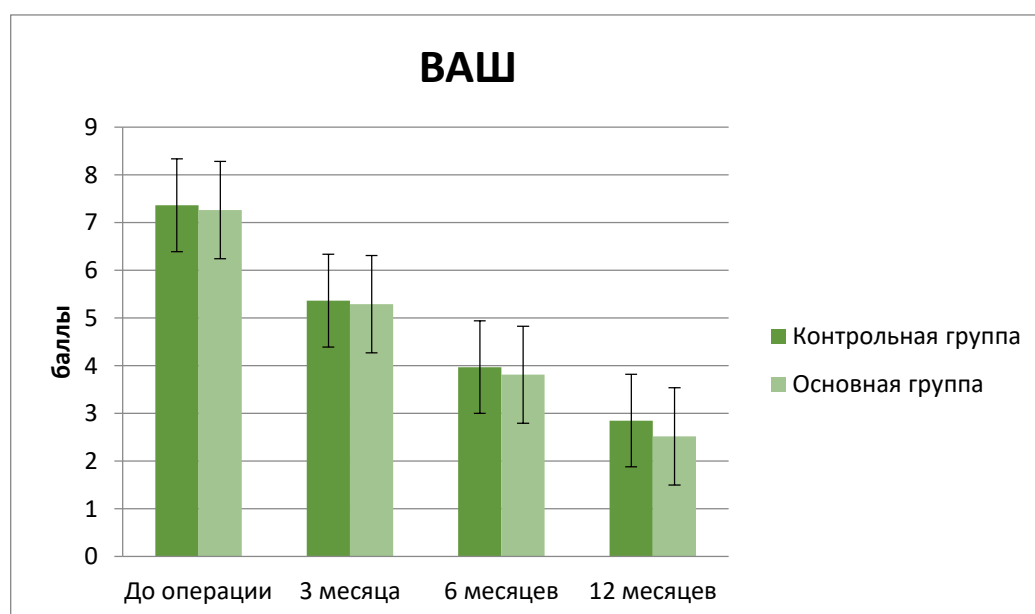


Рисунок 22 - Динамика изменения болевого синдрома

Шкала коленного сустава OKS является специальной для определения функции коленного сустава до и после операции, динамика показателей показывает значительное улучшение функции конечности после операции в сравнении с предоперационной при высокой статистической значимости, и при исследовании между группами в сроки 12 месяцев после операции (I группа 38.8 ± 2.1 , II группа 35.9 ± 3.1), несмотря на незначительно лучшую динамику в основной группе, статистическая значимость между группами высокая ($p < 0.001$) (Рисунок 23).

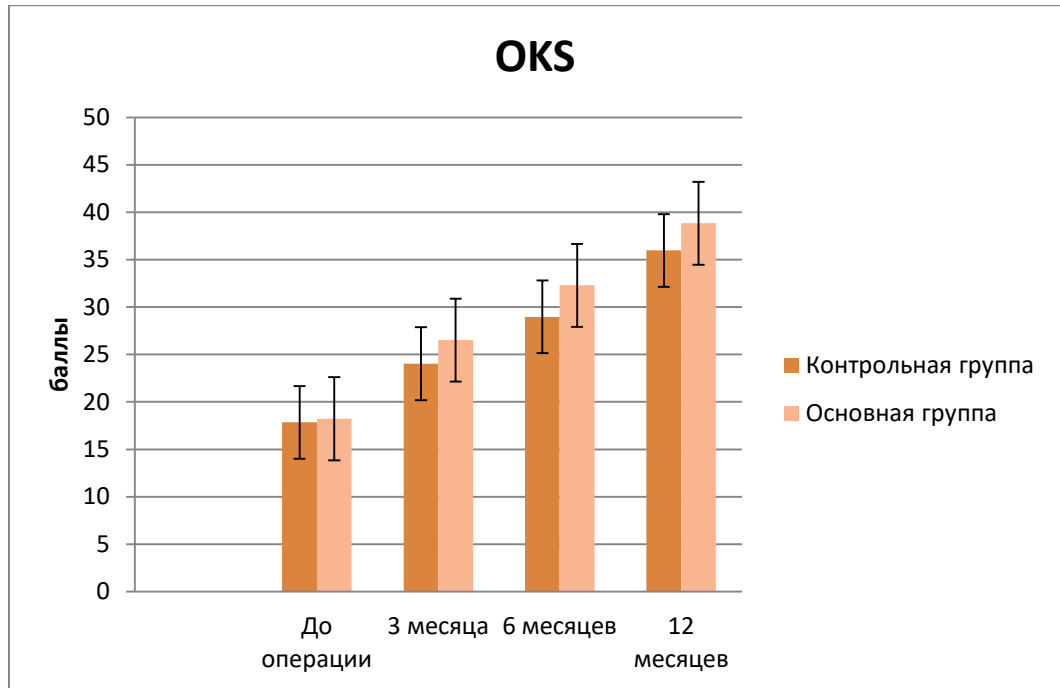


Рисунок 23 -Динамика изменения функции сустава по шкале OKS

Специализированная статья по комплексной субъективной оценке функционирования эндопротезов FJS-12 демонстрирует ту же динамику, что и предыдущие шкалы, через 12 месяцев после операции до 90 % пациентов «забывают» об эндопротезировании коленного сустава, однако статистически достоверной разницы между группами не выявлено (Рисунок 24).

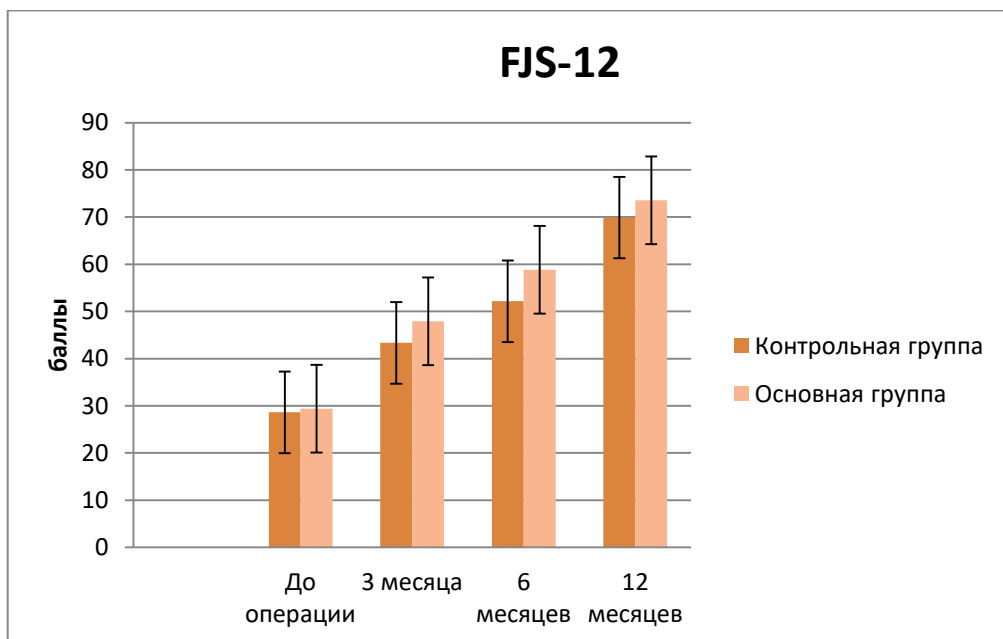


Рисунок 24 - Динамика изменения показателя по шкале FJS-12

Шкала KSS включает два показателя боль и функционирование коленного сустава после операции при анализе данных показателей выявлена значительная статистически значимая динамика при сравнении до и после операции в обеих группах, и после 12 месяцев наблюдения отмечается выраженная статистическая значимость обоих показателей KSS (Боль) (I группа 70.2 ± 6.0 и II группа 66.4 ± 6.7 , $p=0.020$) и KSS (Функция) (I группа 63.1 ± 4.9 II группа 59.7 ± 6.1 , $p=0.018$) (Рисунок 25).

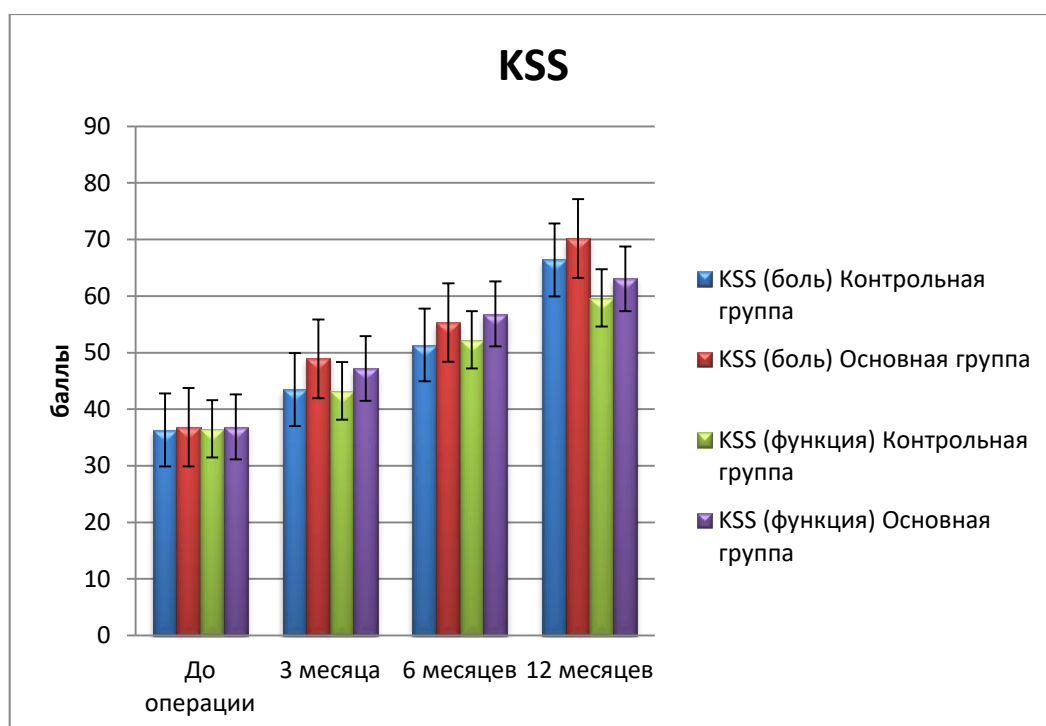


Рисунок 25 - Динамика изменения показателей (боли и функции KSS)

Динамика качества жизни пациента является наиболее информативным показателем эффективности хирургического лечения пациента, большое количество показателей по шкале SF-36 в обеих группах до и после операции показано на Рисунок 26. Переменные, показывающие физические и психические параметры качества жизни после операции свидетельствуют о значительном улучшении в обеих группах, но статистической разницы между группами на разных сроках после операции, мы не выявили.

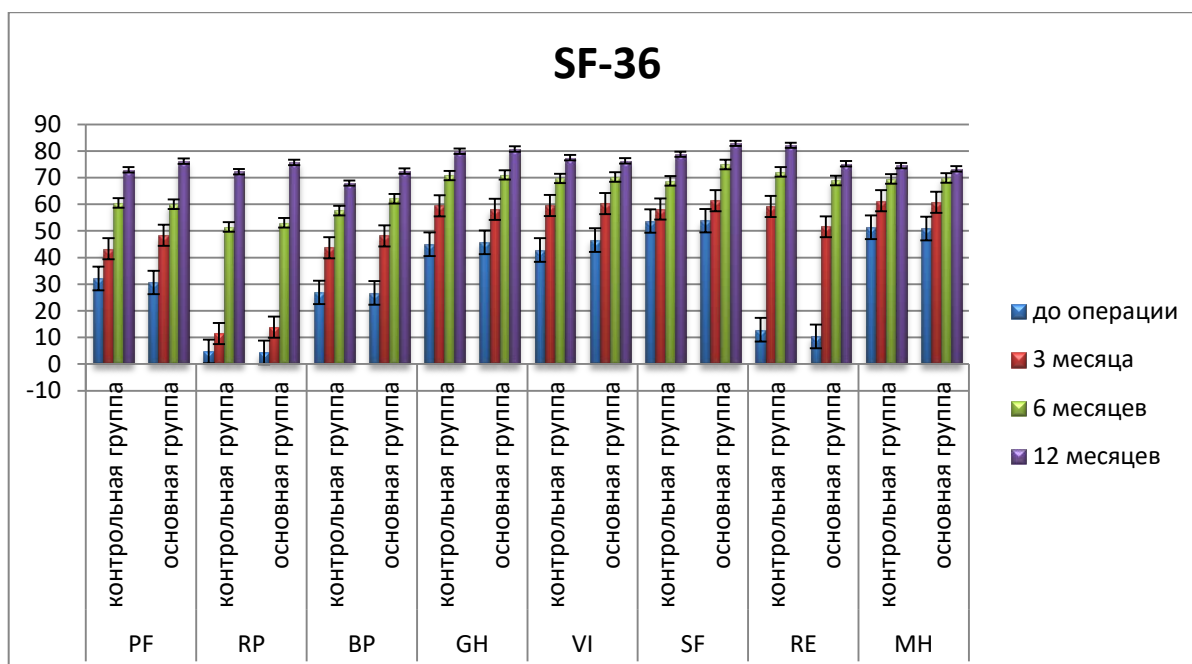


Рисунок 26 - Динамика изменения показателей по шкале SF-36

Полные результаты тестирования пациентов обеих групп по шкалам до и после операции представлены в Таблице А.2.

В основной группе пациентов после операции по результатам КТ отклонения уровня суставной щели более 4 мм не было, среди пациентов контрольной группы у 13 пациентов (39,4%) из 33 уровень суставной щели был поднят более чем на 4 мм (макс 7 мм), поэтому мы разделили группу II на две: II группа «А» 19 пациентов, у которых отклонение не превышало 4 мм, другую – 13 пациентов (отклонение уровня щели коленного сустава более 4 мм) мы назвали II группа «Б». Затем мы провели статистический анализ и сравнили результаты между группами.

При бальной оценке функции коленного сустава у пациентов с учетом изменения уровня щели коленного сустава по ВАШ, OKS и SF-36 (Общее здоровье (GH), Социальное функционирование (SF) и Психическое здоровье (MH)) показала, что такие изменение уровня суставной линии (более 4 мм) существенно ухудшают функциональные результаты артропластики: так в группе с восстановленной суставной линией средний балл по шкале ВАШ через 12 месяцев после операции составил (ВАШ-12 I группа) 2.5 ± 1.1 , то при элевации щели более 4 мм (ВАШ-12 II группа «Б») 2.9 ± 0.82 (2,5 балла и 2,9 балла (13,8%) при $p=$

0.0012), при этом при сравнении с II группой «А» статистической значимости не выявлено (I группа\II группа - «А» $p=0.134$, смотри Таблицу 9).

При анализе функции коленного сустава в срок 12 месяцев по шкале OKS в I группе 38.8 ± 2.1 , во II группе «А» - 34.9 ± 2.1 , а во II группе «Б» - 32.5 ± 1.1 ($38,8$ и $34,9$ меньше на 8.99% при $p=0.0032$ между группами: I группа\II группа «Б») в основном за счет уменьшения объема движений.

Три показателя из 8 шкалы SF-36 также показали статистически значимый результат, который представлен в Таблице 9.

Таблица 9 - Результаты сравнительного тестирования коленного сустава по шкалам через 12 месяцев после операции

Шкалы	Пациенты			p		
	I группа (основная) (n=31)	II группа «А» (n=19)	II группа «Б» (n=13)	I группа\ II группа «А»	I группа\ II группа «Б»	
ВАШ	2.5 ± 1.1	2.7 ± 0.62	2.9 ± 0.82	0.134	0.0012	
OKS	38.8 ± 2.1	34.9 ± 2.1	32.5 ± 1.1	0.071	0.0032	
FJS-12	67.8 ± 10.1	59.9 ± 6.5	57.9 ± 7.5	0.066	0.058	
KS S	(Боль)	70.2 ± 6.0	66.4 ± 6.7	5.4 ± 4.7	0.077	0.053
	(Функция)	63.1 ± 4.9	59.7 ± 6.1	59.7 ± 6.1	0.054	0.064
SF-36	PF	76.2 ± 8.4	71.9 ± 7.3	70.9 ± 5.3	0.548	0.078
	RP	75.7 ± 8	73.1 ± 7.3	72.1 ± 7.3	0.355	0.342
	BP	72.5 ± 9.7	66.9 ± 7.8	65.9 ± 7.8	0.070	0.546
	GH	80.7 ± 8.2	69.9 ± 6.8	66.9 ± 5.8	0.059	0.0133
	VI	76.3 ± 10.2	73.5 ± 9.6	73.5 ± 9.6	0.649	0.477
	SF	82.8 ± 8.7	75.9 ± 7.9	72.3 ± 5.9	0.630	0.0043
	RE	75.2 ± 11.1	78.5 ± 5.6	78.5 ± 5.6	0.055	0.842
MH	73.5 ± 14.7	74.5 ± 7.9	72.2 ± 4.2	0.062	0.0219	

Общее здоровье (GH) в I группе - 80.7 ± 8.2 , во II группе «А» - 69.9 ± 6.8 , а во II группе «Б» - 66.9 ± 5.8 ($8,3\%$ при $p=0.0133$ между группами: I группа\II группа «Б»), Социальное функционирование (SF) в I группе - 82.8 ± 8.7 , во II группе «А» - 75.9 ± 7.9 , II группе «Б» - 72.3 ± 5.9 , ($8,7\%$ при $p=0.0043$ между группами: I группа\II группа «Б») и Психическое здоровье (MH) в I группе - 73.5 ± 14.7 , во II группе «А»

- 74.5 ± 7.9 , II группе «Б» 72.2 ± 4.2 (9,8% при $p=0.0219$ между группами: I группа\II группа «Б»), итого по трем показателям в среднем на 8,9%.

Таким образом, при подъеме щели сустава более чем на 4 мм от уровня нативной щели при ревизионном эндопротезировании КС через 12 месяцев после операции болевой синдром был выше (13,8%), а функция коленного сустава (объем движений) и качество жизни пациентов (оба на 8,9%) были статистически значимо ниже.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В клинической практике уровню суставной щели коленного сустава все большее значение придается при первичных и ревизионных оперативных вмешательствах, поэтому внимание ортопедов всего мира сосредоточено на вопросах планирования и послеоперационного контроля.

Растущие возможности методов визуализации структур опорно-двигательного аппарата позволяют эффективно диагностировать патологические изменения, наблюдать и оценивать динамику их развития. Рентгенологические методы диагностики заболеваний, деформаций и травм коленного сустава (КС), как одного из наиболее уязвимых уже давно стали рутинными, а возможности МРТ и КТ визуализации постоянно совершенствуются и диагностическая роль уточняется.

Одним из залогов успеха первичной и ревизионной артропластики коленного сустава является правильная пространственная ориентация компонентов эндопротеза во всех трех плоскостях, в частности правильное ротационное положение бедренного и большеберцовых компонентов, а также правильное восстановление сгибательного и разгибательного промежутков. Напротив, ошибки приводят к нарушению функционирования разгибательного аппарата коленного сустава, ограничению движений, болевому синдрому ускоренному износу и расшатыванию компонентов. Это подтверждается литературными данными (до 30 % пациентов не удовлетворены результатами), несмотря на то, что тотальное эндопротезирование названа одной из самых успешных операций при лечении остеоартроза коленного сустава [26].

Многие авторы считают с этой клинической проблемой, и выступают за создание баланса между сгибательным и разгибательным промежутками коленного сустава во время операции [44, 117]. Стандартным решением при сгибательной контрактуре коленного сустава является увеличение (+2 мм) дистальной резекции бедренной кости, что увеличивает разгибательны

промежуток и дает полное разгибание коленного сустава, однако при этом не всегда остается баланс со сгибательным промежутком, который бывает тоже необходимо регулировать. Увеличение дистальной резекции бедренной кости поднимает линию сустава, что может сказаться на пателло-фemorальном сочленении и явиться причиной передней боли в коленном суставе после эндопротезирования [115].

Поэтому, несмотря на выдающиеся успехи эндопротезирования коленного сустава, остаются неясными вопросы большого количества неудовлетворенных пациентов субъективными проблемами связанными с восстановлением функции нижней конечности. Одним из путей решения данной научной задачи является изучение точности позиционирования протеза, который тесно связан с анатомическими ориентирами бедренной и большеберцовой костей образующих сустав и методами их инструментальной и интраоперационной идентификации. Вопросы позиционирования имплантата, баланса сгибательно-разгибательного промежутков коленного сустава являются актуальными, поиск новых путей решения данной научной задачи поможет улучшить результаты первичного и ревизионного эндопротезирования коленного сустава, что и обусловило цель и задачи настоящего исследования.

Изучены некоторые анатомические ориентиры КС, такие как приводящий бугорок, медиальный и латеральный надмыщелки, измерены абсолютные расстояния от данных ориентиров до ЛС, рассчитана корреляция данных показателей с полом, ростом или расой пациентов [97], как в абсолютных так и относительных соотношениях с шириной бедренной и большеберцовой костей [120]. Однако, выявить статистически значимые результаты не удалось, а также не удалось определить наиболее точный метод визуализации суставной щели коленного сустава.

Поэтому использование анатомических ориентиров для определения положения ЛС широко применяется в клинической практике. Ориентиры можно разделить на два типа: костные ориентиры и ориентиры мягких тканей. Ориентиры мягких тканей, такие как рубец на мениске, могут быть разными и не

столь отчетливыми во время операции, тогда как костные ориентиры более надежны во время операции. Наиболее часто используемые костные ориентиры — это приводящий бугорок, медиальный и латеральный надмыщелки, бугорок большеберцовой кости, головка малоберцовой кости и нижний полюс надколенника.

Хирурги могут оценить эти ориентиры на томограммах КТ или МРТ исследований до операции или пальпацией во время операции. Это хорошо работает если контралатеральное колено не изменено, но использование этого метода ограничено, когда невозможно найти изображения предыдущих обследований. Некоторые хирурги доверяют своим правилам: «два пальца от бугорка большеберцовой кости», «20 мм над головкой малоберцовой кости» или «на уровне нижнего полюса надколенника в положении разгибания». Однако, учитывая то, что небольшие изменения в позиции ЛС могут привести к гораздо худшим результатам, делает эти правила недостаточно надежными для широкого использования.

Проведенное нами исследование имеет некоторые ограничения и недостатки, мы не проводили сравнительный анализ анатомических измерений на противоположной конечности, отбор пациентов был не идеален, в силу определенных причин нам не удалось провести сравнение результатов исследований КТ и МРТ исследования на одной выборке пациентов, тем не менее наши данные подтвердили основные тенденции, выявленные в работах других авторов, что говорит о высокой актуальности исследования и необходимости проведения дальнейших исследований.

Необходимый уровень сгибательной щели определяется по здоровой контралатеральной стороне. Если поражение коленных суставов двустороннее, метод позволяет точно задать ротационное положение бедренного компонента, а уровень сгибательной щели выставляется соответственно геометрии планируемого бедренного компонента эндопротеза. Также для ориентирования может быть использован хорошо функционирующий эндопротез коленного сустава с контралатеральной стороны.

Восстановление уровня щели нативного коленного сустава важно не только для ревизионного, но и первичного ТЭКС, надежного способа до сих пор не найдено, как правильно определять линию коленного сустава по данным рентгенографии, КТ или МРТ и как правильно ее получить во время операции.

Интраоперационно можно использовать следующие ориентиры для восстановления уровня суставной щели: надмыщелки бедренной кости, головка малоберцовой кости и бугристость большеберцовой кости.

Из уровня техники среди хирургов распространены способы восстановления уровня суставной щели предложенные Mason и соавт.: «на два пальца выше бугристости большеберцовой кости», «на уровне нижнего полюса надколенника при разогнутом коленном суставе», «на 2 см выше верхушки головки малоберцовой кости» [87].

Нами предложен инструмент и методика для определения уровня линии сустава от головки малоберцовой кости, которые позволят выполнять точное восстановление уровня щели коленного сустава. Ориентироваться можно как на предоперационное планирование, так и на прямое измерение во время операции и на основании этого регулировать уровень резекции.

В нашем исследовании мы не использовали пороговые значения (4 или 5 мм), потому что средние величины отклонения полностью входили в их значения, возможно этим объясняется отсутствие влияния изменения щели сустава на функциональные исходы.

Исследование проведено в клинике травматологии, ортопедии и патологии суставов в три этапа:

- на первом этапе проведена стандартная компьютерная томография коленного сустава и МРТ исследования коленных суставов у пациентов, у которых не было каких-либо травм (переломы, вывихи) колена, операции, воспалительные, дегенеративные или деформирующие процессы. Анализ и измерения КТ и МРТ сканограмм проводили в трех плоскостях (проекциях): фронтальной, сагиттальной и аксиальной. Определяли анатомические ориентиры (медиальный и латеральный надмыщелки бедра, приводящий бугорок бедренной

и бугристость большеберцовой костей), через которые проводили линии (межмышцелковая линия бедра) и строили линию коленного сустава, измеряли расстояния от линии коленного сустава до анатомических ориентиров и провели статистический анализ;

- вторым этапом провели проспективное исследование, в котором у пациентов с деформирующим остеоартрозом 2–3 ст. в предоперационном периоде проводили рентгенологические и КТ исследование коленных суставов с определением уровня щели коленного сустава для определения точности работы измерителя уровня суставной щели. Затем в после операционном периоде проверили точность работы инструмента по рентгенограммам и КТ исследованиям;

- третий этап: в проспективном контролируемом рандомизируемом исследовании у пациентов, у которых имелись различные неинфекционные показания для ревизионного протезирования коленного сустава, в ходе предоперационного планирования определяли уровень суставной щели коленного сустава, затем во время ревизии операции использовали предлагаемую авторскую методику и устройства для измерения уровня суставной щели и в послеоперационном периоде проводили измерения и оценивали правильность работы прибора и точность восстановления суставной щели коленного сустава, а также определяли влияние точности данного показателя на клинические признаки и функцию коленного сустава.

На I этапе исследования мы отобрали 60 пациентов, которым выполнили стандартную компьютерную томографию коленного сустава у 60 (27 мужчин и 32 женщины) средний возраст 43.1 ± 13.4 лет (мин. 23 лет, макс. 75 лет) и МРТ исследования 273 коленных суставов у 273 пациентов (101 мужчина и 172 женщины) средний возраст 46.1 ± 15.9 лет (мин. 20 лет, макс. 82 лет).

Данные линейного регрессионного анализа показателей в аксиальной плоскости имели идентичные значения и степень достоверности. Таким образом по данным регрессионного анализа наиболее точным следует считать компьютерную томографию с определением расстояния от головки малоберцовой

кости, с которыми наиболее выраженная корреляция с расстоянием от латерального надмыщелка и шириной большеберцовой кости в сагиттальной проекции.

На II этапе исследования мы отобрали 50 пациентов с первичным деформирующим остеоартрозом коленного сустава 3-4 ст. по классификации Kellgren-Lawrence, и ИМТ < 35 кг/м². Пациентов рандомизировали на две группы (по методике случайных цифр), одной первой группе выполняли первичное ТЭКС с применением предложенного нами инструмента, другой группе второй выполняли эндопротезирование стандартной мануальной техникой и инструментами.

Сравнение высоты стояния суставной щели до и после операции в обеих плоскостях дало высокую статистическую достоверность: в фронтальной плоскости около 20,7% (I группа 2.06 ± 2.368 , II группа 2.629 ± 2.455 , $p < 0.001$), в сагиттальной проекции 28,2% (I группа -2.657 ± 2.143 , II группа -3.7 ± 1.717 , $p < 0.001$). То есть, на основании результатов КТ исследования, что предложенный метод с использованием специального авторского устройства позволяет более точно позиционировать разгибательный промежуток на 20,7%, сгибательный на 28,2% точнее позиционировать уровень щели коленного сустава.

При тестировании болевого синдрома до и после операции, а также функции коленного сустава и качество жизни пациентов в обеих группах отмечена значительная статистически значимая положительная динамика по сравнению с базовыми показателями до операции, однако, статистически значимой разницы между группами выявлено не было.

На III этапе исследования было отобрано 75 пациентов, рандомизированных на две группы (по методике случайных цифр), первой группе выполняли ревизионное ТЭКС с определением уровня суставной щели по предложенному нами методу с применением оригинального инструмента, второй (группа контроля) – ревизионное эндопротезирование по стандартной методике. В послеоперационном периоде всем пациентам проводили реабилитационную

программу, купирование болевого синдрома, профилактику инфекции и тромбоземболии, раннюю активизацию по единому протоколу.

По данным КТ высота стояния суставной щели в фронтальной плоскости до операции между группами практически не различалась (I группа 21.9 ± 3.3 , II группа 23.4 ± 2.1 , $p=0.946$), но после операции в обеих группах высота щели была больше чем до операции, без статистической разницы (I группа 23.7 ± 3.4 , II группа 20.8 ± 3.0 , $p=0.584$). Однако, сравнивая величину ошибки - разницы уровня щели сустава до и после операции между группами составляла от 1,7 мм в I группе (7,2%), до 2,6 мм во II группе (11,1%), таким образом применение инструмента позволяет уменьшить ошибку на 3,9%, то есть примерно на 1 мм точнее чем при стандартной методике имплантации протеза коленного сустава, при высокой статистической значимости результата ($p=0.028$).

По результатам рентгенологического исследования, которое подтвердила тенденцию предыдущего исследования, однако величина ошибки до и после операции с применением предложенного авторами измерителя была больше на 1,5 мм (6,4 %), чем в группе стандартной техники ревизионного эндопротезирования, с высокой степенью статистической значимости ($p=0.019$).

То есть, на основании результатов исследования можно сказать, что предложенный метод с использованием специального авторского устройства позволяет более точно позиционировать разгибательный промежуток (на 3,9% по данным КТ, и на 6,4% рентгенографии) точнее позиционировать уровень щели коленного сустава. При тестировании болевого синдрома до и после операции и других показателей функции сустава и качества жизни в обеих группах отмечена значительная статистически значимая положительная динамика по сравнению с исходными (базовыми) показателями до операции, однако, статистически значимой разницы между группами выявлено не было.

Проведенное исследование показало простоту и эффективность применения специального авторского устройства для позиционирования сгибательного (28,2%) и разгибательного (на 20,7%) промежутков коленного сустава при первичном тотальном эндопротезировании, которое позволяет более точно

восстановить уровень сгибательной щели коленного сустава, по сравнению со стандартным инструментарием.

Более точное позиционирование щели коленного сустава в пределах полученной разницы (от 2.1 мм до 3.7 мм) не дает статистически значимой разницы в функциональных результатах и качестве жизни пациентов после первичного тотального эндопротезирования коленного сустава в течение 12 месяцев после операции.

При предоперационном планировании замены эндопротеза коленного сустава более точное определение уровня стояния суставной щели дает метод компьютерной томографии, в случаях отсутствия выраженной потери костной ткани бедра или первичной высокой резекции бедренной кости, тогда необходимо исследование коленного сустава контралатеральной конечности.

Интраоперационно необходимо строго следовать результатам предоперационного плана, использование надежных костных ориентиров и интрамедуллярных направителей обеспечивает точность измерений и расчетов размеров имплантата.

Правильный уровни резекции сгибательно-разгибательного промежутков дают баланс, объем движений и стабильность коленного сустава после операции, при наличии какой-либо нестабильности при помощи предложенных инструментов возможно выполнение повторных резекций с высокой точностью.

При планировании исследований функциональных результатов и качества жизни после операции необходимо сравнивать группы пациентов на сроках более 12 месяцев после операции и разницу в уровне суставной щели более 4 мм.

Нами предложен инструмент и методика для определения уровня линии сустава от головки малоберцовой кости, которые позволят выполнять точное восстановление уровня щели коленного сустава. Ориентироваться можно как на предоперационное планирование, так и на прямое измерение во время операции и на основании этого регулировать уровень резекции.

В нашем исследовании мы не использовали пороговые значения (4 или 5 мм), потому что средние величины отклонения полностью входили в их значения,

возможно этим объясняется отсутствие влияния изменения щели сустава на функциональные исходы.

Авторы понимают, что работа имеет ряд недостатков: инструмент не изготавливается промышленным способом, выборка пациентов небольшая, необходимо выполнение дорогостоящего исследования КТ коленного сустава и необходимость более широкого клинического обоснования эффективности применения инструмента при ревизионном тотальном эндопротезировании коленного сустава. Авторы понимают проблему и продолжают работу, направленную на понимание и улучшение результатов ревизионного тотального эндопротезирования коленного сустава.

ВЫВОДЫ

1. Уровень линии коленного сустава по компьютерной томографии, измеренный от головки малоберцовой кости в фронтальной плоскости, можно оценить как достоверный и надежный ориентир ($R^2 = 0.069$ при $p=0.043$) для определения местонахождения нормальной линии здорового коленного сустава с высокой степенью статистической значимости.

2. Проведенное исследование показало простоту и эффективность применения специального авторского устройства, которое позволяет увеличить точность позиционирования сгибательного (на 28,2%) и разгибательного (на 20,7%) промежутков и восстановить уровень сгибательной щели коленного сустава при первичном тотальном эндопротезировании по сравнению со стандартным инструментарием.

3. Предложенный метод и инструмент позволяют точнее позиционировать уровень щели коленного сустава и сгибательно-разгибательный промежутки (на 3,9% по данным КТ, и на 6,4% рентгенографии) при ревизионном эндопротезировании КС.

4. Позиционирование щели коленного сустава в пределах полученной разницы (до 4 мм) не дает статистически значимой разницы в функциональных результатах и качестве жизни пациентов после первичного и ревизионного эндопротезирования коленного сустава в течение 12 месяцев после операции.

5. При подъёме щели коленного сустава более чем на 4 мм от уровня нативной при ревизионном эндопротезировании через 12 месяцев после операции результаты артропластики были статистически значимо хуже: болевой синдром был выше (13,8%), а функция коленного сустава (OKS) и качество жизни пациентов (SF-36) были ниже на 8,9%.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При предоперационном планировании замены эндопротеза коленного сустава более точное определение уровня стояния суставной щели дает метод компьютерной томографии, в случаях отсутствия выраженной потери костной ткани бедра или первичной высокой резекции бедренной кости, тогда необходимо исследование коленного сустава контралатеральной конечности.

2. При применении для предоперационного планирования рентгенографии сустава для увеличения точности необходимо точное положение конечности в плоскости исследования и использовать калибровочные шаблоны.

3. Использование в качестве костного ориентира головку малоберцовой кости при предоперационном планировании и во время операции авторские интрамедуллярные направители обеспечивают правильный уровень опилов бедренной и большеберцовой костей и выбор размеров прокладки имплантата.

4. При выявлении недостаточного объема движений или нестабильности коленного сустава при примерке пробного протеза во время операции данные авторские инструменты дают возможность выполнения повторных резекций с высокой точностью для обеспечения баланса сгибательно-разгибательных промежутков.

5. При оценке функциональных результатов ревизионного эндопротезирования коленного сустава и качества жизни пациента необходимо вводить дополнительный критерий сравнения в группах пациентов – изменение уровня суставной щели более 4 мм.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ТЭКС	Тотальное эндопротезирование коленного сустава
КС	коленный сустав
МРТ	магнитно-резонансная томография
КТ	компьютерная томография
ВАШ	визуально-аналоговая шкала боли
ВАК	высшая аттестационная комиссия
РАМН	Российская академия медицинских наук
ЛС	линия сустава
ИМТ	индекс массы тела
АТ	точка прикрепления приводящей мышцы
FN	верхушка головки малоберцовой кости
ME	медиальный надмыщелок бедренной кости
LE	латеральный надмыщелок бедренной кости
ТТ	большеберцовый бугорок
PP	нижний полюс надколенника
IS	индекс Insall-Salvati: отношение между длиной сухожилия надколенника и длиной надколенника
TL	длина собственной связки надколенника
PL	длина надколенника
CD	индекс Caton-Deschamps: отношение длины суставной поверхности надколенника к расстоянию от дистальной точки суставной поверхности надколенника до верхней границы большеберцовой кости
AP	длина суставной поверхности надколенника
AT	расстояние от дистальной точки суставной поверхности надколенника до верхней границы большеберцовой кости
ЛЛ	линия коленного сустава в фронтальной плоскости
ЛЛс	линия коленного сустава в сагиттальной плоскости

DJL	линия коленного сустава при полном разгибании ноги
PJL	линия сустава в аксиальной проекции
FW	ширина бедренной кости в фронтальной плоскости
LEDJL	отрезок от точки латерального надмыщелка до точки пересечения перпендикулярной линии с линией коленного сустава в фронтальной проекции
MEDJL	отрезок от точки медиального надмыщелка до точки пересечения перпендикулярной линии с линией коленного сустава в фронтальной проекции;
ATDJL	отрезок от точки приводящего бугорка медиального надмыщелка до точки пересечения перпендикулярной линии с линией коленного сустава в фронтальной проекции
FHJLc	отрезок от точки вершины головки малоберцовой кости в до точки пересечения перпендикулярной линии с линией коленного сустава в сагиттальной плоскости
LEPJL	отрезок от точки латерального надмыщелка до точки пересечения перпендикулярной линии с линией коленного сустава в аксиальной проекции
MERJL	отрезок от точки латерального надмыщелка до точки пересечения перпендикулярной линии с линией коленного сустава в аксиальной проекции
ATPJL	отрезок от точки приводящего бугорка медиального надмыщелка до точки пересечения перпендикулярной линии с линией коленного сустава в аксиальной проекции
PPDJL	отрезок от точки нижнего полюса надколенника до точки пересечения перпендикулярной линии с линией коленного сустава в сагиттальной проекции

TTJL	отрезок от точки большеберцового бугорка до точки пересечения перпендикулярной линии с линией коленного сустава в сагиттальной проекции
FHJL	отрезок от точки вершины головки малоберцовой кости до точки пересечения перпендикулярной линии с линией коленного сустава в сагиттальной проекции
OKS	Oxford knee score
FJS-12	Forgotten Joint Score
KSS	knee society score
SF-36	шкала качества жизни
PF	физическое функционирование
RP	ролевое (физическое) функционирование
BP	боль
GH	показатели общего здоровья
VI	жизнеспособность
SF	социальное функционирование
RE	эмоциональное функционирование
MH	психическое здоровье
УСЩ	уровень суставной щели

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бовкис Г.Ю., Куляба Т.А., Корнилов Н. Н., Восстановление уровня суставной линии при ревизионном эндопротезировании коленного сустава (Обзор литературы)// Кафедра травматологии и ортопедии. 2020.№4. С. 29-36. doi: 10.17238/issn2226-2016.2020.4.29-36.
2. Белов М.В., Рассамахин С.В. Планирование сложных ревизионных операций эндопротезирования с использованием отложенных телеконсультаций. Травматология и ортопедия России. 2020. Т. 26. № 3. С. 119-129.
3. Гуражев М.Б., Байтов В.С., Гаврилов А. Н., Павлов В. В., Кoryткин А.А. Методы замещения костного дефицита большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава: систематический обзор литературы. Травматология и ортопедия России. 2021;27(3):173-188. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-173-188>.
4. Кавалерский Г.М., Серова Н. С., Сметанин С.М., Лычагин А. В., Рукин Я. А. Роль многосрезовой компьютерной томографии при первичном эндопротезировании коленного сустава. Вестник рентгенологии и радиологии. 2018; 99 (1): 43–6. DOI: 10.20862/0042-4676-2018-99-1-43-6.
5. Кавалерский Г.М., Грицюк А.А., Сметанин С.М., Лычагин А.В. Артропластика коленного сустава и суставной поверхности надколенника. Врач. 2021. Т. 32. № 1. С. 50-54.
6. Козадаев М.Н., Гиркало М.В., Дервянов А.В., Кауц О.А., Мандров А.В. Идентификация референтной линии коленного сустава в зависимости от гендерных и антропометрических параметров у пациентов, нуждающихся в тотальной артропластике. Саратовский научно-медицинский журнал 2018; 14 (3): 557–560.
7. Касимова А.Р., Божкова С.А., Сараев А.В., Шендрик Н.С., Проценко Е.А. Анализ амбулаторного этапа фармакологической тромбопрофилактики у

пациентов после эндопротезирования коленного сустава. Флебология. 2020. Т. 14. № 3. С. 222-229.

8. Касимова А. Р., Божкова С. А., Тихилов Р.М., Сараев А.В., Петухов А. И., Журавков А. А., Арефьева А. Н. Влияние фармакологической тромбопрофилактики, турникета и дренирования на геморрагические осложнения в ранние после эндопротезирования коленного сустава: предварительные результаты. Травматология и ортопедия России. 2019. Т. 25. № 3. С. 70-80.

9. Куляба Т.А., Корнилов Н. Н., Тихилов Р. М. Руководство по ревизионному эндопротезированию коленного сустава. Санкт-Петербург: НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, 2021.- 400 с. ISBN 978-5-6040358-7-0.

10. Куляба Т.А., Корнилов Н. Н., Михайлова П. М., Бовкис Г.Ю. Лечение несостоятельности разгибательного аппарата при первичном и ревизионном эндопротезировании коленного сустава. Травматология и ортопедия России. 2017. Т. 23. № 2. С. 27-38.

11. Лычагин А. В., Кавалерский Г. М., Рукин Я. А., Грицюк А. А., Пан Ч., Определение уровня суставной щели коленного сустава: наблюдательное исследование. Кафедра травматологии и ортопедии. 2021.№4(46). С.41-50 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2021-4-41-50>.

12. Маланин Д.А., Володин И. В., Сучилин И. А., Демещенко М.В. Связанные с полом особенности строения областей прикрепления передней крестообразной связки. Травматология и ортопедия России. 2020;26(4):80-92. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-4-80-92.

13. Маланин Д.А., Володин И. В., Сучилин И. А., Демещенко М.В. Связанные с полом особенности строения областей прикрепления передней крестообразной связки. Травматология и ортопедия России. 2020;26(4):80-92. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-4-80-92.

14. Морозов С. П., Терновой С.К., Насникова И. Ю., Королев А. В., Филистеев П. А., Ильин Д. О. Многоцентровое исследование диагностической эффективности магнитно-резонансной томографии коленного сустава. КРЕМЛЕВСКАЯ МЕДИЦИНА. КЛИНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК 2009, №3, 48-53.

15. Морозова Т.Е., Миннигулов Р.М., Юдина И.Ю. Особенности применения новых антикоагулянтов у пожилых пациентов после ортопедических операций. Лечащий врач. 2017. № 7. С. 6.
16. Мурылев В.Ю., Сорокина Г.Л., Курилина Э.В., Иваненко Л.Р. Состояние субхондральной кости при гонартрозе и эндопротезировании коленного сустава. Остеопороз и остеопатии. 2017. Т. 20. № 1. С. 12-16.
17. Пихута Д.А., Абович Ю.А., Броннов О.Ю., Кабанова Ю. В., Крылова Т. А. К вопросу о КТ анатомии мягких тканей коленного сустава. Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н. И. Пирогова 2016, т. 11, № 3, стр. 81–84.
18. Тюрятин А. А. Внутрисуставное введение транексамовой кислоты при тотальном эндопротезировании коленного сустава. Диссертация на соискание учёной степени кандидата медицинских наук / Северный государственный медицинский университет. Архангельск, 2017.
19. Чугаев Д.В., Корнилов Н.Н., Коган П.Г. Эффективность и безопасность применения пневмотурникета рем тотальной артропластики коленного сустава: когда выполнять релиз? Травматология и ортопедия России. 2017. Т. 23. № 4. С. 9–17.
20. Australian Orthopaedic Association National Joint Registry Annual Report. 2019; 221. Available at: <https://aoanjrr.sahmri.com/annual-reports-2019>.
21. Amaranth R, Thirunarayanan V, Kumar SS, et al. Calculating position of joint line of knee using various radiological parameters based on Indian population. International Journal of Orthopaedics Sciences 2017; 3 (3): 1118–23.
22. Babazadeh S, Dowsey MM, Swan JD, Stoney JD, Choong PFM (2011) Joint line position correlates with function after primary total knee replacement: a randomised controlled trial comparing conventional and computer-assisted surgery. J Bone Jt Surg Br 93:1223–1231
23. Bellemans J (2004) Restoring the joint line in revision ТКА: does it matter? Knee 11:3–5

24. Bieger R, Huch K, Kocak S, Jung S, Reichel H, Kappe T (2014) The influence of joint line restoration on the results of revision total knee arthroplasty: comparison between distance and radiometric methods. *Arch Orthop Trauma Surg* 134:537–541
25. Bin Abd Razak HR, Pang HN, Yeo SJ, Tan MH, Lo NN, Chong HC (2013) Joint line changes in cruciate-retaining versus posterior-stabilized computer-navigated total knee arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg* 133:853–859
26. Canovas F, Dagneaux L. Quality of life after total knee arthroplasty. *Orthop. Traumatol Surg Res.* 2018 Feb;104(1S): S41-S46.
27. Caplan N., Kader D.F. Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer: NCAA data and review of literature. In: *Classic Papers in Orthopaedics*. London: Springer; 2014. p. 153-155. doi: 10.1007/978-1-4471-5451-8_37.
28. Capogna B.M., Mahure S.A., Mollon B., Duenes M.L., Rokito A.S. Young age, female gender, Caucasian race, and workers' compensation claim are risk factors for reoperation following arthroscopic ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;(28):2213-2223. doi: 10.1007/s00167-019-05798-4.
29. Cankaya D, Kendir S, Basarir K, Tabak Y. The medial and lateral epicondyle as a reliable landmark for intra-operative joint line determination in revision knee arthroplasty. *Bone Joint Res.* 2016;5(7):280–6.
30. Chatain F, Denjean S, Delalande JL, Chavane H, Bejui-Hugues J, Guyen O. Computer-navigated revision total knee arthroplasty for failed unicompartmental knee arthroplasty. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2012 Oct;98(6):720-7.
31. Chen W, Yang Y, Liu T, Zuo J. A study to assess the accuracy of adductor tubercle as a reliable landmark used to determine the joint line of the knee in a Chinese population. *J Arthroplast.* 2017;32(4):1351–5.
32. Chyvane H, Bejui-Hugues J, Guyen O. Computer-navigated revision total knee arthroplasty for failed unicompartmental knee arthroplasty. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2012 Oct;98(6):720-7.

33. Clave A, Le Henaff G, Roger T, Maisongrosse P, Mabit C, Dubrana F. Joint line level in revision total knee replacement: assessment and functional results with an average of seven years follow-up. *Int Orthop*. 2016;40(8): 1655–62. <https://doi.org/10.1007/s00264-015-3096-9>.
34. Coldberg VM, Heiple KG, Moller HS III, Gordon NH (1986) The influence of tibial-patellofemoral location on function of the knee in patients with the posterior stabilized condylar knee prosthesis. *J Bone Joint Surg Am* 68:1035–1040.
35. Colombet P., Engebretsen L. et al. Patient demographics and surgical characteristics in ACL revision: a comparison of French, Norwegian, and North American cohorts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015; 23:2339-2348.
36. Creene K.A. Gender-specific design in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2007; 22:27-31. doi: 10.1016/j.arth.2007.05.019.
37. Criffin FM, Math K, Scuderi GR, Insall JN, Poilvache PL (2000) Anatomy of the epicondyles of the distal femur: MRI analysis of normal knees. *J Arthroplasty* 15:354–359.
38. Csykin RS (2002) Joint line position restoration during revision total knee replacement. *Clin Orthop Relat Res* 404:169–171/
39. Clement N, MacDonald D (2017) Posterior condylar offset is an independent predictor of functional outcome after revision total knee arthroplasty. *J Bone Jt Surg* 6:172–178.
40. Dennis DA, Komistek RD, Kim RH, Sharma A. Gap balancing versus measured resection technique for total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2010; 468:102e7.
41. Doyek F, Abi Fares G, Lahoud JC. Joint line restoration during revision total knee arthroplasty: an accurate and reliable method. *SpringerPlus*. 2015; 4:736.
42. Fan A., Xu, T., Li, X. et al. Using anatomical landmarks to calculate the normal joint line position in Chinese people: an observational study. *J Orthop Surg Res* 13, 261 (2018).
43. Flanigan D., Kaeding C. ACL reconstruction: Do outcomes differ by sex? A systematic review. *J Bone Joint Surg Am*. 2014;96(6):507-512.

44. Fsaan A., et al. Using anatomical landmarks to calculate the normal joint line position in Chinese people: an observational study. *J Orthop Surg Res* 13, 261 (2018).
45. Fehring TK, Odum SM, Grifn WL, McCoy TH, Masonis JL (2007) Surgical treatment of flexion contractures after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 22(6 Suppl 2):62–66.
46. Fitzgerald S.J., Kolaczko J., DeMaio M., Marcus R.E. et al. Gender differences in the anatomy of the distal femur. *J Bone Joint Surg Br.* 2011;93(3):357-363.
47. Fornalski S, McGarry MH, Bui CN, Kim WC, Lee TQ. Biomechanical effects of joint line elevation in total knee arthroplasty. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2012;27(8):824–9. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2012.05.009>.
48. Freisinger GM, Hutter EE, Lewis J, Granger JF, Glassman AH, Beal MD, Pan X, Schmitt LC, Siston RA, Chaudhari AMW (2017) Relationships between varus–valgus laxity of the severely osteoarthritic knee and gait, instability, clinical performance, and function. *J Orthop Res* 35:1644–1652.
49. Ftah E.E., Bowers L.S., Scuderi G. Three-dimensional morphology of the knee reveals ethnic differences. *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470(1):172–185.
50. Goh GSH, Liow MHL, Lim WSR, Tay DKJ, Yeo SJ, Tan MH (2016) Accelerometer-based navigation is as accurate as optical computer navigation in restoring the joint line and mechanical axis after total knee arthroplasty. A prospective matched study. *J Arthroplast* 31:92–97
51. Golladay GJ, Bradbury TL, Gordon AC, Fernandez-Madrid IJ, Krebs VE, Patel PD et al (2019) Are patients more satisfied with a balanced TKA? *J Arthroplasty* 34(7): S195–S200.
52. Gillespie R.J., Levine A., Fitzgerald S.J., Kolaczko J., DeMaio M., Marcus R.E. et al. Gender differences in the anatomy of the distal femur. *J Bone Joint Surg Br.* 2011;93(3):357-363.

53. Havet E, Gabrion A, Leiber-Wackenheim F, Vernois J, Olory B, Mertl P. Radiological study of the knee joint line position measured from the fibular head and proximal tibial landmarks. *Surg Radiol Anat.* 2007;29(4):285–9.
54. Herzog M.M., Marshall S.W., Lund J.L., Pate V., Mack C.D., Spang J.T. Incidence of anterior cruciate ligament reconstruction among adolescent females in the United States, 2002 Through 2014. *JAMA Pediatr.* 2017;171(8):808- 810.
55. Huston L.J., Greenfield M.L., Wojtys E.M. Anterior cruciate ligament injuries in the female athlete. Potential risk factors. *Clin Orthop Relat Res.* 2000;(372):50-63.
56. Humar B., Lenert P. Joint hypermobility syndrome: recognizing a commonly overlooked cause of chronic pain. *Am J Med.* 2017;130(6):640-647.
57. Higuchi H, Hatayama K, Shimizu M, Kobayashi A, Kobayashi T, Takagishi K. Relationship between joint gap difference and range of motion in total knee arthroplasty: a prospective randomised study between different platforms. *Int Orthop* 2009; 33:997e1000.
58. Hianezar H., Blakeney W.G., Fernandes L.R., Borade A., Latrobe C., Temponi E.F. et al. Clinical outcomes of single anteromedial bundle biologic augmentation technique for anterior cruciate ligament reconstruction with consideration of tibial remnant size. *Arthroscopy.* 2018;34(3):714-722.
59. Hirschmann MT, Becker R, Tandogan R, Vendittoli P-A, Howell S (2019) Alignment in TKA: what has been clear is not anymore! *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*:2037–2039.
60. Hriuchishima T., Ryu K., Aizawa S., Fu F.H. Proportional evaluation of anterior cruciate ligament footprint size and knee bony morphology. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(11):3157-3162.
61. Hofmann AA, Kurtin SM, Lyons S, Tanner AM, Bolognesi MP (2006) Clinical and radiographic analysis of accurate restoration of the joint line in revision total knee arthroplasty. *J Arthroplast* 21:1154–1162/

62. Hopf S., Pombo M.W., Szczodry M., Irrgang J., Fu F.H. Size variability of the human anterior cruciate ligament insertion sites. *Am J Sports Med.* 2011;39(1):108-113.
63. Hughes RE, Zheng H, Hallstrom BR (2018) Michigan arthroplasty registry collaborative quality initiative (MARCQI) report: 2012–2017. University of Michigan. Ann Arbor:39.
64. Hudiggie HE III, Goldberg VM, Heiple KG, Moller HS III, Gordon NH (1986) The influence of tibial-patellofemoral location on function of the knee in patients with the posterior stabilized condylar knee prosthesis. *J Bone Joint Surg Am* 68:1035–1040
65. Iacono 135F, Lo Presti M, Bruni D, Raspugli GF, Bignozzi S, Sharma B, Marcacci M. The adductor tubercle: a reliable landmark for analyzing the level of the femorotibial joint line. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21(12): 2725–9. <https://doi.org/10.1007/s00167-012-2113-4>.
66. Iacartington PF, Sawhney J, Rorabeck CH, Barrack RL, Moore J (1999) Joint line restoration after revision total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 367:165–171.
67. Ing Y, Liu T, Zuo J. A study to assess the accuracy of adductor tubercle as a reliable landmark used to determine the joint line of the knee in a Chinese population. *J Arthroplast.* 2017;32(4):1351–5.
68. Isascmoi F, Sharma B, Marcacci M. The adductor tubercle: a reliable landmark for analysing the level of the femorotibial joint line. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21(12): 2725–9.
69. IJerosch J, Peuker E, Philipps B, Filler T (2002) Interindividual reproducibility in perioperative rotational alignment of femoral components in knee prosthetic surgery using the transepicondylar axis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 10:194–197.
70. Jang ES, Connors-Ehlert R, LiArno S, Geller JA, Cooper HJ, Shah RP. Accuracy of Reference Axes for Femoral Component Rotation in Total Knee

Arthroplasty: Computed Tomography-Based Study of 2,128 Femora. *J Bone Joint Surg Am.* 2019 Dec 4;101(23):e125.

71. Jennings LM, Bell CI, Ingham E, Komistek RD, Stone MH, Fisher J. The influence of femoral condylar lift-off on the wear of artificial knee joints. *Proc Inst Mech Eng H* 2007; 221:305e14.

72. Jenham E, Komistek RD, Fisher J. The influence of femoral condylar lift-off on the wear of artificial knee joints. *Proc Inst Mech Eng H* 2007; 221:305e14.

73. Kannan A, O'Connell RS, Kalore N, Curtin BM, Hull JR, Jiranek WA (2015) Revision TKA for flexion instability improves patient reported outcomes. *J Arthroplast* 30:818–821

74. Khan WS, Bhamra J, Williams R, Morgan-Jones R. “Meniscal” scar as a landmark for the joint line in revision total knee replacement. *World J Orthop.* 2017;8(1):57–61.

75. Khanamra J, Jones R. Meniscal scar as a landmark for the joint line in revision total knee replacement. *World J Orthop.* 2017;8(1):57–61. <https://doi.org/10.5312/wjo.v8.i1.57>.

76. Khakar M, Adas M, Tekin AC, Bayraktar MK, Esenyel CZ. Measurement of the knee joint line in Turkish population. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2015;49(1):41–4.

77. Laskin RS. Joint line position restoration during revision total knee replacement. *Clin Orthop Relat Res.* 2002; 404:169–71.

78. Lacono F, Bruni D, Raspugli GF, Bignozzi S, Sharma B, Marcacci M. The adductor tubercle: a reliable landmark for analysing the level of the femorotibial joint line. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21(12): 2725–9

79. Lay P, Qin YG, Li XZ, Liu T, Gao ZL. Cross-sectional anatomy of ilium for guiding acetabular component placement using high hip center technique in Asian population. *Chin Med J.* 2015;128(12):1579–83

80. Le DH, Goodman SB, Maloney WJ, Huddleston JI (2014) Current modes of failure in TKA: infection, instability, and stiffness predominate. *Clin Orthop* 472(7):2197–2200.

81. Lodman SB, Huddleston JI (2012) Current modes of failure in TKA: infection, instability, and stiffness predominate. *Clin Orthop* 472(7):2197–2200.
82. Lee K-J, Moon J-Y, Song E-K, Lim H-A, Seon J-K (2012) Minimum two-year results of revision total knee arthroplasty following infectious or non-infectious causes. *Knee Surg Relat Res* 24:227–234
83. Liow MHL, Xia Z, Wong MK, Tay KJ, Yeo SJ, Chin PL (2014) Robot-assisted total knee arthroplasty accurately restores the joint line and mechanical axis. A prospective randomised study. *J Arthroplast* 29:2373–2377
84. Luyckx T, Beckers L, Colyn W, Vandenneucker H, Bellemans J (2014) The adductor ratio: a new tool for joint line reconstruction in revision TKA. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 22:3028–3033.
85. Maderbacher G, Keshmiri A, Schaumburger J, Springorum H-R, Zeman F, Grifka J et al. Accuracy of bony landmarks for restoring the natural joint line in revision knee surgery: an MRI study. *Int Orthop* 2014; 38:1173–1181.
86. MacColyn W, Vandenneucker H, Bellemans J. The adductor ratio: a new tool for joint line reconstruction in revision TKA. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2014;22(12):3028–33.
87. Martin JW, Whiteside LA. The influence of joint line position on knee stability after condylar knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 1990;259: 146–56.
88. Mason M, Belisle A, Bonutti P, Kolisek FR, Malkani A, Masini M. An accurate and reproducible method for locating the joint line during a revision total knee arthroplasty. *J Arthroplast*. 2006;21(8):1147–53. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2005.08.028>.
89. Math K, Scuderi GR, Insall JN, Poilvache PL (2000) Anatomy of the epicondyles of the distal femur: MRI analysis of normal knees. *J Arthroplasty* 15:354–359.
90. Masonutti P et al. An accurate and reproducible method for locating the joint line during a revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2006; 21:1147–1153.

91. Moller HS III, Gordon NH (1986) The influence of tibial-patellofemoral location on function of the knee in patients with the posterior stabilized condylar knee prosthesis. *J Bone Joint Surg Am* 68:1035–1040.
92. Milaskin RS (2002) Joint line position restoration during revision total knee replacement. *Clin Orthop Relat Res* 404:169–171
93. Minoda Y, Nakagawa S, Sugama R, Ikawa T, Noguchi T, Hirakawa M. Mid-flexion laxity after implantation was influenced by the joint gap balance before implantation in TKA. *J Arthroplasty* 2015; 30:762e5.
94. National Joint Registry (UK) (2018) 137. Available at: <https://reports.njrcentre.org.uk/>.
95. National Joint Registry (UK) (2017) 135. Available at: <https://reports.njrcentre.org.uk/>.
96. Partington PF, Sawhney J, Rorabeck CH, Barrack RL, Moore J (1999) Joint line restoration after revision total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 367:165–171/
97. Paterno M.V., Huang B., Thomas S., Hewett T.E., Schmitt L.C. Clinical factors that predict a second ACL injury after ACL reconstruction and return to sport: preliminary development of a clinical decision algorithm. *Orthop J Sports Med.* 2017;5(12):1-7.
98. Pereira GC, von Kaeppler E, Alaia MJ, Montini K, Lopez MJ, Di Cesare PE, Amanatullah DF. Calculating the position of the joint line of the knee using anatomical landmarks. *Orthopedics.* 2016;39(6):381–6.
99. Peuker E, Philipps B, Filler T (2002) Interindividual reproducibility in perioperative rotational alignment of femoral components in knee prosthetic surgery using the transepicondylar axis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 10:194–197.
100. Pereppler E, Alaia MJ, Montini K, Lopez MJ, Di Cesare PE, Calculating the position of the joint line of the knee using anatomical landmarks. *Orthopedics.* 2016;39(6):381–6.
101. Porteous AJ, Hassaballa MA, Newman JH (2008) Does the joint line matter in revision total knee replacement? *J Bone Jt Surg Br* 90:879–884.

102. Portt BD (1995) Morphology of the transepicondylar axis and its application in primary and revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 10:785–789.
103. Porthrauff B.B., Jorge A., de Sa D., Kay J., Fu F.H., Musahl V. Anatomic ACL reconstruction reduces risk of post-traumatic osteoarthritis: a systematic review with minimum 10-year follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019; 28:1072-1084.
104. Rivière C, Iranpour F, Auvinet E, Howell S, Vendittoli PA, Cobb J, Parratte S. Alignment options for total knee arthroplasty: A systematic review. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2017 Nov;103(7):1047-1056.
105. Rivajagopal TS, Nathwani D. Can interepicondylar distance predict joint line position in primary and revision knee arthroplasty? *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2011; 40(4):175-178.
106. Robert A. Siston, Jay J. Patel, Stuart B. Goodman, Scott L. Delp, Nicholas J. Giori. The Variability of Femoral Rotational Alignment in Total Knee Arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* October 2005; 87 (10): 2276.
107. Romero J, Seifert B, Reinhardt O, Ziegler O, Kessler O. A useful radiologic method for preoperative joint-line determination in revision total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468(5):1279–83. <https://doi.org/10.1007/s11999-009-1114-1>.
108. Romero B. O., Sikorski JM. The position of the joint line in relation to the trans-epicondylar axis of the knee: complementary radiologic and computer-based studies. *J Arthroplasty.* 2007; 22(8):1201-1207.
109. Romeru D. The influence of tibial-patellofemoral location on function of the knee in patients with the posterior stabilized condylar knee prosthesis. *J Bone Joint Surg Am.* 1986; 68(7):1035-1040.
110. Romero J, Seifert B, Reinhardt O, Ziegler O, Kessler O. A useful radiologic method for preoperative joint-line determination in revision total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468(5):1279–83. <https://doi.org/10.1007/s11999-009-1114-1>.

111. Romerardt O, Ziegler O, Kessler O. A useful radiologic method for preoperative joint-line determination in revision total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468(5):1279–83. <https://doi.org/10.1007/s11999-009-1114-1>.
112. Ryan S. Charette, Neil P. Sheth, Friedrich Boettner, Giles R. Scuderi, Christopher M. Melnic. Femoral Component Sizing During Total Knee Arthroplasty. *JBJS REVIEWS* 2018;6(1): e4.
113. Savov P, Ettinger M, Tuecking LR. [PSI-technique for kinematic alignment]. *Orthopade.* 2020 Jul;49(7):597-603.
114. Savov P. Reliability of bony landmarks for restoration of the joint line in revision knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2008; 16(3):263-269.
115. Schiavone Panni A, Cerciello S, Vasso M, Tartarone M (2009) Stiffness in total knee arthroplasty. *J Orthop Traumatol* 10(3):111–118.
116. Schiavone A, Cerello S, Vasco M, M (2019) Stiffness in total knee arthroplasty. *J Orthop Traumatol* 10(3):111–118.
117. Scuderi GR, Kochhar T (2007) Management of flexion contracture in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 22(4 Suppl 1):20–24.
118. Scuderi GR, Kochhar T (2017) Management of flexion contracture in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 22(4 Suppl 1):20–24.
119. Seon J-K, Song E-K (2016) Joint line and patellar height restoration after revision total knee arthroplasty. *Indian J Orthop* 50:159–165
120. Servien E, Viskontas D, Giuffre BM, Coolican MR, Parker DA. Reliability of bony landmarks for restoration of the joint line in revision knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2008;16(3):263–9. <https://doi.org/10.1007/s00167-007-0449-y>.
121. Servien E, The position of the joint line in relation to the trans-epicondylar axis of the knee: complementary radiologic and computer-based studies. *J Arthroplasty.* 2007; 22(8):1201-1207.
122. Servien E, Giuffre BM, Parker DA. Joint line position restoration during revision total knee replacement. *Clin Orthop Relat Res.* 2002; 404:169-171.

123. Servien E, Viskontas D. Influence of prosthetic joint line position on knee kinematics and patellar position. *J Arthroplasty*. 1991; 6(2):169-177.
124. Servien E, Giuffre BM, Coolican MR, Parker DA. Reliability of bony landmarks for restoration of the joint line in revision knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2008;16(3):263–9. <https://doi.org/10.1007/s00167-007-0449-y>.
125. Siddiqi A, Smith T, McPhilemy JJ, Ranawat AS, Sculco PK, Chen AF (2020) Soft tissue balancing technology for total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 8(1):1–15.
126. Siddiqi A, Smith T, McPhilemy JJ, Ranawat AS, Sculco PK, Chen AF (2020) Anatomy of the proximal tibiofibular joint. *J Bone Joint Surg Am* 8(1):1–15.
127. Singerman R, Heiple KG, Davy DT, Goldberg VM. Effect of tibial component position on patellar strain following total knee arthroplasty. *J Arthroplast*. 1995;10(5):651–6.
128. Singerman R, Goldberg VM. Effect of tibial component position on patellar strain following total knee arthroplasty. *J Arthroplast*. 1995;10(5):651–6.
129. Singerman R, Davy DT, Goldberg VM. Effects of patella alta and patella infera on patellofemoral contact forces. *J Biomech*. 1994;27(8):1059–65.
130. Singerman R, Reliability of the transepicondylar axis as an anatomical landmark in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2006; 21(6):878-882.
131. Singerman R. Intraobserver errors in obtaining visually selected anatomic landmarks during registration process in nonimage-based navigation-assisted total knee arthroplasty: a cadaveric experiment. *J Arthroplasty*. 2005; 20(5):591-601.
132. Singere R, Heiple KG. Radiological study of the knee joint line position measured from the fibular head and proximal tibial landmarks. *Surg Radiol Anat*. 2007; 29(4):285-289.
133. Singermey HKG, Davydov VM. Effect of tibial component position on patellar strain following total knee arthroplasty. *J Arthroplast*. 1995;10(5):651–6.
134. Swedish Knee Arthroplasty Registry, Annual Report. 2018; 39. Available at: <http://myknee.se/en/publications/annual-reports>.

135. Swedish Knee Arthroplasty Registry, Annual Report. 2019; 40. Available at: <http://myknee.se/en/publications/annual-reports>.

136. Van Lieshout WAM, Valkering KP, Koenraadt KLM, van Etten-Jamaludin FS, Kerkhoffs GMMJ, van Geenen RCI. The negative effect of joint line elevation after total knee arthroplasty on outcome. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019 May;27(5):1477-1486. doi: 10.1007/s00167-018- 5099-8.

137. Vera-Aviles FA, Jimenez-Aquino JM (2012) Total knee arthroplasty. Prognosis after restoring the joint line. *Acta Ortop Mex* 26:362–368

138. Yang J-H, Seo J-G, Moon Y-W, Kim M-H (2009) Joint line changes after navigation-assisted mobile-bearing TKA. *Orthopedics* 32:35–39.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 - Результаты тестирования пациентов по шкалам коленного сустава

Показатели		Пациенты											
		I группа (n=21)					p*	II группа (n=20)					p**
		До операции	После операции			До операции		После операции					
			3 месяца	6 месяцев	12 месяцев			3 месяца	6 месяцев	12 месяцев			
ВАШ		6.8±1.7	2.7±0.6	1.43±0.5	0.8±0.6	<0.001	6.7±1.7	2.8±0.7	1.8±0.6	1.1±0.5	<0.001		
OKS		20.2±6.9	39.8±2.4	43.9±1.4	44.7±1.0	<0.001	20.9±6.1	36.7±3.1	38.1±1.8	40.2±0.8	<0.001		
FJS-12		-	67.5±4.2	81.7±2.7	93±2.2	<0.001	-	68.4±3.9	79.2±3.1	89.6±2.3	<0.001		
KSS	(Боль)	32.0±5.4	71.9±2.9	82.6±2.9	84.2±3.9	<0.001	32.7±6.2	69.7±3.2	78.8±2.7	80.4±4.2	<0.001		
	(Функция)	34.5±5.9	78.1±3.6	86.9±3.7	90.6±3.5	<0.001	35.2±5.7	74.7±3.6	81.8±4.1	85.6±4.2	<0.001		
SF-36	PF	30.9±11.3	58.5±1.1	78.9±5.5	93.4±4.2	<0.001	32.2±2.5	57.4±2.4	79.1±6.4	92.7±4.5	<0.001		
	RP	12.3±22.3	23.8±2.8.5	75.5±9.9	88.3±8.8	<0.001	13.3±2.1.8	24.5±2.7.8	76.2±8.4	86.6±9.3	<0.001		
	BP	33.1±17.6	50.0±5.4	70.0±1.0.5	94.1±3.0	<0.001	34.6±1.8.6	48.2±4.8	66.5±1.3	89.1±4.5	<0.001		
	GH	51.4±15.9	74.1±1.9	79.6±7.5	92.4±3.5	<0.001	52.6±1.6.8	72.1±1.2.3	78.1±8.9	89.9±3.7	<0.001		
	VI	49.6±16.6	74.9±9.6	79.4±5.3	93.1±3.4	<0.001	49.7±1.5.6	73.9±8.7	80.6±5.8	92.1±4.4	<0.001		
	SF	47.9±24.7	71.6±8.5	78.9±7.4	93.8±3.3	<0.001	48.2±2.5.5	70.5±9.2	78.5±8.3	94.2±4.2	<0.001		

Продолжение Таблицы А.1

РЕ	23.7 ±34. 9	72.0±6. 5	82±6. 6	93.2± 3.1	<0.0 01	22.9±3 3.3	73.4± 6.6	81.7±7. 2	93.5 ±3.2	<0.0 01
МН	53.3 ±20. 1	71.7±9. 4	82.5± 5.5	92.6± 4.4	<0.0 01	52.2±2 1.6	70.6± 7.8	84.6±8. 8	92.7± 5.1	<0.0 01

р* - в основной (первой) группе до и после операции;

р** - в контрольной (второй) группе до и после операции.

Таблица А.2 - Результаты тестирования коленного сустава

Показатели	Пациенты								Р*	
	I группа (основная) (n=31)				II группа (контрольная) (n=33)					
	До операц ии	После операции			До операц ии	После операции				
		3 месяца	6 месяц ев	12 месяц ев		3 месяца	6 месяц ев	12 месяц ев		
ВАШ	7.26±1. 83	5.3±1. 3	3.8±0.9	2.5±1.1	7.4±1.2	5.3±1.1	3.9±0.8 5	2.8±0. 67	0.1 44	
OKS	18.2±6. 3	26.5±5 .1	32.3±3. 8	38.8±2. 1	17.9±5.3	24.0±4. 9	28.9±4. 5	35.9±3 .1	<0. 00 1	
FJS-12	29.3±2 1.9	47.9±1 1.3	58.8±11 .9	67.8±1 0.1	28.6±12. 3	43.3±7. 5	52.25± 8.4	69.9±7 .5	0.0 76	
K S S	(Боль)	36.8±1 4.1	48.9±1 0.7	55.3±1 0.1	70.2±6. 0	36.3±10. 3	43.5±8. 8	51.4±7. 6	66.4±6 .7	0.0 20
	(Функц ия)	36.8±1 2.2	47.19± 5.2	56.8±4. 5	63.1±4. 9	36.6±10. 2	43.2±8. 4	52.3±6. 9	59.7±6 .1	
S F - 3 6	PF	30.6±21. 7	48.5±1 6.6	60.1±1 3.1	76.2±8. 4	32.1±20. 5	43.3±19 .0	60.5±1 2.8	72.9±9 .3	0.1 55
	RP	4.35±1 1.4	13.8±1 9.6	53.0±11 .8	75.7±8	4.7±11.3	11.5±16 .9	51.5±1 2.3	72.2±7 .3	0.0 70
	BP	26.7±1 9.2	48.2±1 2.2	62.1±11 .0	72.5±9. 7	26.9±15. 1	43.7±11 .8	57.5±1 0.6	67.9±8 .8	0.0 59

Продолжение Таблицы А.2

S F - 3 6	GH	45.7±1 4.9	58.1±1 2.2	71.0±9. 8	80.7±8. 2	45.0±15. 0	59.5±10 .8	70.9±8. 7	79.9±6. 8	0.6 49
	VI	46.5±1 7.3	60.2±1 3.9	70.3±11 .7	76.3±1 0.2	42.8±16. 3	59.6±13 .3	69.7±1 1.4	77.5±9. 6	0.6 30
	SF	53.8±2 4.9	61.4±1 4.2	74.9±11 .4	82.8±8. 7	53.7±21. 1	58.2±16 .6	68.8±1 1.4	78.9±7. 9	0.0 55
	RE	10.4±22. 6	51.5±1 2.0	68.9±1 0.9	75.2±1 1.1	12.9±24. 35	59.2±12 .2	72.2±8. 9	82.5±5. 6	0.0 02
	MH	50.9±1 8.8	60.7±1 4.6	69.8±1 4.0	73.5±1 4.7	51.39±1 2.4	61.3±9. 8	69.5±8. 3	74.5±7. 9	0.7 02

* - показатель p при сравнении групп через 12 месяцев после операции.