

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



Федорцова Татьяна Павловна

**Эндоскопическая комбинированная интратренальная хирургия и
виртуальное планирование операции при сложных формах нефролитиаза**

3.1.13. Урология и андрология

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук, доцент
Акопян Гагик Нерсесович

Москва – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. ХИРУРГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ МОЧЕКАМЕННОЙ БОЛЕЗНИ	12
1.1. Мочекаменная болезнь и методы ее оперативного лечения в современном мире.....	12
1.2. Эндоскопическая комбинированная интратенальная хирургия как современный подход к лечению сложных форм нефролитиаза.....	17
1.3. История аспирационной хирургии	20
1.3.1. Антеградные способы активной аспирации.....	21
1.3.2. Ретроградные способы активной аспирации.....	23
1.4. Применение виртуальной реальности в хирургическом лечении пациентов с мочекаменной болезнью	24
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	32
2.1. Организация и дизайн исследования	32
2.2. Клиническое описание групп сравнения – группы эндоскопической комбинированной интратенальной хирургии и группы мульти-перкутанной нефролитотрипсии	34
2.3. Клиническое описание групп наблюдений – группы аспирационной и билатеральной эндоскопической комбинированной интратенальной хирургии...	41
2.4. Описание техник выполнения эндоскопической комбинированной интратенальной хирургии, мульти-перкутанной нефролитотрипсии и необходимого инструментария.....	46
2.5. Применение смешанной реальности при эндоскопической комбинированной интратенальной хирургии	51
2.6. Критерии оценки эффективности.....	54
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ СО СЛОЖНЫМИ ФОРМАМИ НЕФРОЛИТИАЗА.....	56
3.1. Результаты хирургического лечения пациентов в группе эндоскопической комбинированной интратенальной хирургии	56

3.2. Результаты хирургического лечения пациентов в группе аспирационной эндоскопической комбинированной интравенальной хирургии	65
3.3. Результаты хирургического лечения пациентов в группе билатеральной эндоскопической комбинированной интравенальной хирургии	71
3.4. Результаты хирургического лечения пациентов в группе мульти-перкутанной нефролитотрипсии.....	73
3.5. Сравнительный анализ эффективности и безопасности хирургического лечения пациентов в группах эндоскопической комбинированной интравенальной хирургии и мульти-перкутанной нефролитотрипсии.....	77
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	83
ВЫВОДЫ	87
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	88
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	89
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	90

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Самым распространенным урологическим заболеванием является мочекаменная болезнь (МКБ), которая может приводить к инвалидизации до 15% больных [107]. Лечение МКБ может быть консервативным и хирургическим, однако, зачастую самым основным и эффективным способом остается оперативное вмешательство [14].

Выбор метода лечения камней зависит от многих факторов, но в первую очередь - от размера и местоположения конкремента [109]. К самой сложной форме проявления МКБ относится коралловидный нефролитиаз (КН) [132]. КН в силу особенностей этиологии и патогенеза, тяжести клинического течения, сопровождающегося серьезными осложнениями, выделен в отдельную, самую сложную для лечения нозологическую форму МКБ [12, 119].

«Золотым стандартом» в хирургическом лечении пациентов с крупными и коралловидными камнями почек в настоящее время является перкутанная нефролитотрипсия (ПНЛ) с эффективностью 76-91% [8,17,18,31]. В случае большой каменной нагрузки, расположения камней во многих чашечках, коралловидных камней, зачастую хирургу очень трудно ограничиться одним перкутанным доступом. В таких наблюдениях имеет место быть мульти-перкутанная нефролитотрипсия (мульти-ПНЛ), как метод, сочетающий в себе от 2 перкутанных доступов. Несмотря на ее эффективность в достижении показателя SFR (Stone Free Rate - частота полного освобождения от камней), она сопряжена с высокими рисками послеоперационных осложнений. Это обусловило поиск нового метода хирургического лечения данной группы пациентов, который сохранил бы такую же эффективность, как мульти-ПНЛ, но имел бы меньший процент осложнений.

Эндоскопическая комбинированная интратенальная хирургия (ЭКИРХ) – это новый универсальный подход к лечению сложных клинических случаев

мочекаменной болезни [65, 104]. Сочетая антеградный и ретроградный доступ к чашечно-лоханочной системе (ЧЛС), ЭКИРХ позволяет комбинированно использовать весь жесткий и гибкий эндоурологический инструментарий, а также производить оптимальную эндоскопически контролируемую транспапиллярную чрескожную пункцию, предварительную оценку особенностей почечных камней. ЭКИРХ сопряжена с незначительной потребностью в множественных чрескожных доступах, позволяет провести лечение сопутствующих камней мочеточника или двустороннего нефролитиаза (билатеральная ЭКИРХ) и окончательный визуальный контроль SFR [75,122]. Оптимальное планирование безопасной и эффективной процедуры ЭКИРХ непосредственно зависит от точного предварительного трехмерного построения органов мочевыводящей системы на основании DICOM-данных (Digital Imaging and Communications in Medicine) мультиспиральной компьютерной томографии органов брюшной полости и органов малого таза и особенностей камней (расположение, количество, размер) [106].

Cesare M. Scoffone в 2008 году, проводя анализ 127 клинических наблюдений одиночного и множественного нефролитиаза, определил возможность, целесообразность и эффективность применения ЭКИРХ в положении Гальдакао-Вальдивиа. При равнозначных параметрах включения, средних размерах камня 23,8 мм, SFR составил 81,9% после первой операции и 87,4% – после повторного комбинированного вмешательства. Короткий срок госпитализации (3-7 дней) и приемлемый уровень периоперационных осложнений (38,6%), позволил определить процедуру как эффективную и рекомендуемую для применения в клинической практике [69, 71, 72].

Начиная с 2000-х годов наблюдается устойчивая тенденция к уменьшению диаметра доступа ПНЛ, позволяющая снизить кровопотерю и частоту травматичных осложнений без потери эффективности. С другой стороны, миниатюризация ПНЛ выявила ограничения пассивной аспирации из ЧЛС.

Для решения данного вопроса были разработаны различные кожухи (перкутанные и мочеточниковые) с системой аспирации. Всасывание

ирригационной жидкости, фрагментов камня и крови в режиме реального времени во время процедуры направлено на снижение внутрилоханочного давления (ВЛД), улучшение видимости и уменьшение времени операции.

Несмотря на значительный прогресс в сфере хирургии сложного нефролитиаза, в литературе встречаются лишь единичные исследования, посвященные сравнению мульти-ПНЛ и ЭКИРХ, нет исследований об аспирационной ЭКИРХ, в ходе которой применяются аспирационные кожухи (мочеточниковый и перкутанный), что и обусловило актуальность данной темы диссертационной работы.

Степень разработанности темы исследования

Исходя из данных литературы, основными направлениями в усовершенствовании оперативного лечения пациентов с МКБ, являются подходы, которые ассоциированы с уменьшением количества этапов операции, числа послеоперационных осложнений, сокращения времени оперативного вмешательства, но сохраняя при этом высокий уровень показателя SFR. Однако несмотря на появление данных методик в современной практике, в литературе количество данных о безопасности и эффективности их применения остается недостаточным. Не изучено применение ЭКИРХ при сложных формах нефролитиаза, ее эффективность и безопасность в сравнении с альтернативными видами хирургического лечения, имеется недостаточно данных о аспирационной ЭКИРХ и ЭКИРХ с применением смешанной реальности.

Исходя из этого, в рамках данного исследования планируется более детально изучить эффективность и безопасность данных методик и оценить их потенциал для введения в клиническую практику.

Цель и задачи исследования

Цель исследования: повысить качество лечения пациентов с МКБ.

Задачи исследования:

1. Оценить эффективность и безопасность эндоскопической комбинированной интратрениальной хирургии при сложных формах нефролитиаза;
2. Детализировать и усовершенствовать техническое осуществление эндоскопической комбинированной интратрениальной хирургии;
3. Оценить эффективность и безопасность билатеральной эндоскопической комбинированной интратрениальной хирургии при двухстороннем нефролитиазе;
4. Сравнить эффективность и безопасность эндоскопической комбинированной интратрениальной хирургии и мультиперкутанной нефролитотрипсии при сложных формах нефролитиаза;
5. Разработать методику виртуального планирования и дополненной реальности при выполнении эндоскопической комбинированной интратрениальной хирургии.

Научная новизна

Исследование представляет собой первую работу по сравнению эффективности и безопасности лечения пациентов со сложными формами нефролитиаза, которым будет выполнена эндоскопическая комбинированная интратрениальная хирургия как в стандартной ее форме, так и с применением аспирационной хирургии. Также в ходе данного исследования разработана и апробирована методика смешанной реальности, помогающая производить виртуальное планирование операции и интраоперационную навигацию.

Теоретическая и практическая значимость работы

В данной работе проведены анализ и статистическая обработка полученных данных по безопасности и эффективности инновационных методик в хирургии мочекаменной болезни. Полученные результаты исследования, доказавшие значимую эффективность и безопасность ЭКИРХ, говорят об их значительной роли в улучшении результатов лечения пациентов с МКБ. Предложенные автором техники оценены по основным критериям эффективности и безопасности.

Также следует отметить, что в работе детально описано применение аспирационных кожухов (перкутанных и мочеточниковых) при выполнении ЭКИРХ, разработана и апробирована методика виртуальной реальности для осуществления планирования и навигации, что несомненно в настоящее время является весьма актуальным и быстроразвивающимся направлением в хирургии МКБ.

Методология и методы исследования

Данное проспективное рандомизированное исследование получило одобрение Локального этического комитета Сеченовского Университета (протокол № 04–24 от 21.02.2024г). Все пациенты подписывали информированное добровольное согласие на участие в данном исследовании.

Методики, проводимые в рамках стандарта оказания медицинской помощи пациенту, участвующему в исследовании: проведение отобранным пациентам оперативного вмешательства: мульти-ПНЛ или ЭКИРХ по результатам рандомизации, проведение аспирационной ЭКИРХ и билатеральной ЭКИРХ.

Дополнительные методики, проводимые в рамках научного исследования пациенту, участвующему в исследовании: мультиспиральная компьютерная томография с целью оценки наличия резидуальных конкрементов, оценивались лабораторные показатели и объективный статус.

Методы статистической обработки: статистический анализ проводился с использованием ПО IBM SPSS Statistics 27.

Личный вклад автора

Автор непосредственно принимал участие в разработке дизайна исследования, выборе направления данной работы. Им были собраны все необходимые предоперационные данные пациентов, вошедших в исследование, произведено изучение актуальной литературы по теме диссертационной работы. Непосредственно в роли ассистента принимал участие во всех оперативных вмешательствах в рамках данного исследования, производил послеоперационный мониторинг за пациентами, сбор полученных данных и их анализ. Автором проведен статистический анализ полученных результатов исследования, которые неоднократно были обсуждены во время докладов и представлены научных публикациях.

Положения, выносимые на защиту

1. ЭКИРХ является методом выбора лечения пациентов с коралловидными и множественными камнями почек, когда ретроградный доступ становится альтернативой дополнительному перкутанному доступу.

2. Использование аспирационных кожухов позволяет повысить эффективность и безопасность ЭКИРХ, что обусловлено снижением частоты развития осложнений, сокращением времени оперативного вмешательства и более высоким показателем SFR по сравнению со стандартной ЭКИРХ.

3. Билатеральная ЭКИРХ – эффективная и безопасная методика лечения пациентов с двусторонними камнями верхних мочевых путей.

4. У пациентов со сложными формами нефролитиаза ЭКИРХ имеет сопоставимую с мульти-ПНЛ эффективность, позволяет сократить время операции, количество послеоперационных осложнений и койко-дни.

5. Разработанная методика по применению виртуальной реальности во время ЭКИРХ в будущем может позволить оптимизировать перкутанный доступ и улучшить интраоперационную навигацию.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 3.1.13. Урология и андрология, пункту № 3 «Экспериментальная и клиническая разработка методов урологических заболеваний и внедрение их в клиническую практику».

Степень достоверности и апробация результатов

Разработка и дизайн настоящего исследования, выборка, анализ полученных результатов и статистическая обработка данных говорят о высокой степени достоверности результатов, полученных в ходе данной научной работы.

Результаты исследования и его основные положения доложены и обсуждены на следующих мероприятиях:

1. XXIV Конгресс Российского общества урологов (2024г.).
2. XXV Конгресс Российского общества урологов (2025г.).
3. XXVI Конгресс Российского общества урологов (2026г.).

Апробация диссертационной работы проведена на научном заседании Института урологии и репродуктивного здоровья человека ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (протокол № 21 от 03.07.2026г.).

Публикации по теме диссертации

По результатам исследования автором опубликовано 7 научных работ, в том числе 3 научных статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий Сеченовского Университета/ Перечень ВАК при Минобрнауки России, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук; 4 публикации в сборниках материалов всероссийских конференций.

Структура и объем диссертации

Данная диссертационная работа написана в классическом стиле, ее текст изложен на 105 страницах печатного текста и состоит из введения, обзора литературы, главы материалов и методов исследования, главы результатов исследований, выводов и практических рекомендаций. Список литературы содержит 136 источников, из которых 51 отечественный и 85 зарубежных. Основные результаты работы изложены в 28 таблицах и 30 рисунках.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. ХИРУРГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ МОЧЕКАМЕННОЙ БОЛЕЗНИ

1.1. Мочекаменная болезнь и методы ее оперативного лечения в современном мире

МКБ – это нозология, которая диагностируется по наличию одного или нескольких камней в мочевыводящих путях. Она является одним из древнейших и наиболее распространенных заболеваний, известных человечеству, хронология его открытия и характеристики начались с истории цивилизации [14, 40, 115]. МКБ ассоциирована с многофакторной этиологией, довольно часто встречается во всем мире с географическими и расовыми вариациями, ее распространенность увеличивается синхронно с социально-экономическим развитием [4, 23, 135].

Эпидемиологические данные МКБ можно точно определить только при наличии некоторых факторов, такие как географическое положение, климат, раса, пол, возраст, питание и другие факторы окружающей среды. Учитываются эндогенные и экзогенные факторы [2, 5, 25]. Однако, по мнению Гессе и др. (2003), параметр «встречаемость» определяется двумя факторами: во-первых, заболеваемостью, которая представляет собой количество новых случаев заболевания на популяцию, измеренное за определенный интервал времени [12, 15]. Второй — распространенность, которая представляет собой долю больных людей, выявленных в популяции в определенный момент времени [26]. Кроме того, эпидемиологические характеристики и этиологические факторы мочекаменной болезни постоянно развиваются, во многом отражая состояние здоровья, пищевые привычки и уровень жизни населения [15, 44, 57, 135].

Лечение МКБ может быть консервативным и хирургическим. Консервативная терапия включает в себя применение определенных медикаментозных препаратов, направленных на растворение камней или же их изгнания из мочевых путей, но несмотря на ее наличие, зачастую основным методом лечения пациентов с МКБ остается хирургический. Согласно статистике,

в нашей стране ежегодно выполняется около 200 тыс. вмешательств по поводу данного заболевания, что составляет порядка 17% всего объема высокотехнологичной помощи [14, 24].

Выбор метода лечения камней зависит от многих факторов, но в первую очередь - от размера и местоположения камня [109]. Камни с бессимптомным течением, размер которых до 5 мм, имеют вероятность самопроизвольного выхода в 75% случаев независимо от того, в каком отделе мочеточника они находятся. Этот процент снижается по мере увеличения камня в размерах и более проксимального его расположения [8].

Если обратиться к истории, то согласно ей первая уретероскопия была выполнена по случайности. В 1912г. Н.Н. Young во время цистоскопии, проводимой ребенку с уретральным клапаном и инфравезикальной обструкцией, провел детский цистоскоп в расширенный дистальный отдел мочеточника [1]. Первый отчет об итогах использования гибкой уретероскопии впервые доложил V.F. Marshall в 1964г. в статье «Волоконная оптика в урологии», основанной на опыте и результатах применения фиброуретероскопа 9 Ch (единица шкалы Шаррьера, соответствует примерно 0,33 мм диаметра) продукт компании American Cystoscope Makers (Pelham Manor, NY) [129].

К концу 70-х годов данный метод использовался только для осмотра дистального отдела мочеточника в связи с доступностью только детского цистоскопа 11 Ch. Первый ригидный уретероскоп, разработанный инженерами компании «Рихард Вольф» имел конструкцию размерами 13; 14,5 и 16 Ch, имея рабочую длину всего 23 см. Впервые сообщение об уретеролитотрипсии с помощью ригидного уретероскопа 11 Ch (K. Storz) было опубликовано только в 1980 году (Perez-Castro Ellendt, Martinez-Pineiro) [115].

Bagley, Huffman, Lyon начали совместную работу в Университете Чикаго в 1980 году по развитию и внедрению гибкой уретеропиелоскопии [116]. В 1983 году был разработан полуригидный уретероскоп с прямым рабочим каналом, при помощи которого можно было выполнить уретеропиелоскопию и первую контактную ультразвуковую уретеролитотрипсию [125]. Данный факт по праву

считается одним из самых знаменательных этапов в развитии хирургического лечения пациентов с МКБ, тем более учитывая, что в настоящее время современную диагностику и лечение патологии верхних мочевых путей невозможно представить без эндоскопического осмотра верхних мочевых путей.

Внедрение интракорпорального лазерного литотриптера с гибким световодом повысило интерес к ретроградной интраренальной хирургии [133]. В 2001 году был выпущен уретерореноскоп с изгибом до 270°, что улучшило возможность достижения ранее недоступных отделов верхних мочевых путей и позволило манипулировать в нижней группе чашечек [136].

2006 год – время революции эндоскопических технологий, произошло внедрение цифровых гибких уретероскопов, что улучшило качество изображения и эргономичность инструмента благодаря интеграции светового кабеля и камеры.

Один из методов хирургического лечения МКБ является дистанционная ударно-волновая литотрипсия (ДУВЛ). ДУВЛ – неинвазивный метод лечения нефролитиаза. Впервые представленная в 1959 году технология использует точно направленные ультразвуковые звуковые волны, помогающие расщеплять камни [16, 43]. Новейшая технология использует электромагнитную энергию, чтобы помочь снизить частоту необходимого повторного сеанса литотрипсии. ДУВЛ может быть предложена пациентам, которые отказываются от уретероскопии, и может быть использована у пациентов с камнями почек до 2 см [42]. Противопоказаниями к ДУВЛ являются наличие общего размера камней более 2 см, камня нижней чашечки более 1 см, беременность и анатомическая или функциональная обструкция мочеточника [16].

Уретероскопия (УРС) и ДУВЛ являются двумя наиболее часто используемыми методами лечения камней мочеточника, оба из которых демонстрируют одинаковую частоту послеоперационных осложнений [7]. В целом сравнительный анализ показал меньший риск осложнений при ДУВЛ по сравнению с УРС (ОР 0,53, 95% ДИ 0,33–0,88, $p < 0,01$) [36, 67]. Пациентов, однако, следует информировать о том, что лечение камней мочеточника с помощью ДУВЛ приводит к более низкому показателю состояния «без камней» (SFR) за одну

процедуру по сравнению с УРС (67% против 85%), при лечении камней нижней чашечки размером <10 мм имеет сопоставимый средний показатель отсутствия камней [22]. Самые последние рекомендации предполагают, что УРС следует предлагать в качестве процедуры первой линии; однако ДУВЛ является приемлемой альтернативой для правильно отобранных пациентов. Специфические осложнения после ДУВЛ, о которых следует предупреждать пациентов, включают гематурию, инфекцию, стриктуру мочеточника и каменную дорожку или выстилку фрагментов камня в мочеточнике [43].

В целом ДУВЛ является безопасным и неинвазивным методом лечения камней мочеточников и почек; однако из-за более низких средних показателей отсутствия камней по сравнению с уретероскопией этот метод не всегда предпочтителен.

В то время как некоторые варианты лечения, такие как ДУВЛ, требуют рентгеноскопии для локализации камня, УРС позволяет проводить интракорпоральную визуализацию [84]. Это делает УРС и интракорпоральную литотрипсию эффективным методом лечения независимо от состава камня и его рентгенопрозрачности [42]. Пациенты, принимающие антикоагулянты или имеющие высокий риск кровотечения, требуют особых хирургических мер предосторожности, и УРС должна быть первой линией лечения камней у этих пациентов из-за минимально инвазивного характера процедуры [36, 71]. УРС является малоинвазивной процедурой, в связи с этим она может быть выполнена с ограниченной травмой почек и мочеточников [72, 129].

Хотя опасные для жизни осложнения встречаются редко, осложнения УРС могут быть серьезными, когда они возникают [13]. Отрыв мочеточника является редким, но разрушительным осложнением, частота которого составляет от 0,04 до 0,9% [1]. Считается, что чаще всего это является следствием чрезмерного воздействия на мочеточник при попытке извлечь камни, которые не были должным образом раздроблены на более мелкие фрагменты [1]. Повреждение стенки мочеточника является гораздо более частым осложнением: в некоторых исследованиях сообщалось о поверхностных поражениях слизистой оболочки

после УРС у 39,9% пациентов и глубоких поражениях слизистой оболочки у 17,6% [9]. Также существует риск создания ложного хода или перфорации слизистой оболочки во время УРС; по оценкам, перфорации возникают в 0,3–1 7,4% уретероскопических процедур [1]. Использование минимально возможных инструментов и обеспечение хорошей визуализации на протяжении всей процедуры может помочь свести минимуму повреждение мочеточника [127].

В настоящее время, позицию «золотого стандарта» в хирургическом лечении больных с крупными, множественными и коралловидными камнями почек является ПНЛ с эффективностью 76–91% [8, 18, 31].

С конца 1997 года мини-ПНЛ стала еще одним методом, доступным хирургам [91]. Мини-ПНЛ использует меньший размер инструментов (12–20 Ch), и было показано, что она вызывает меньшую травму тканей во время чрескожного доступа и обеспечивает такой же уровень удаления камней, как и традиционная ПНЛ [35, 54, 98]. Хотя общая частота осложнений мини-ПНЛ и ПНЛ существенно не различалась, мини-ПНЛ продемонстрировала более низкое падение гемоглобина и сокращение времени пребывания в больнице [73, 84].

Несмотря на то, что ПНЛ – высокоэффективный метод лечения пациентов с крупными камнями почек, она остается сопряженной с риском различных осложнений в связи с повреждением почечной паренхимы [14, 30, 113]. Кроме того, пациенты с ожирением и большим расстоянием от кожи до камня, которое обычно измеряется при предоперационной МСКТ, не являются идеальными кандидатами для ПНЛ из-за технических ограничений [118]. Наиболее частым осложнением ПНЛ является кровотечение, иногда требующее переливания крови в послеоперационном периоде [30, 32, 48]. По оценкам, 7% пациентов нуждаются в послеоперационном переливании крови, а кровотечение часто не обнаруживается полностью до завершения процедуры из-за тампонады просвета нефростомического дренажа [30, 28, 36]. Из-за высокого риска кровотечения ПНЛ может оказаться нецелесообразным вариантом лечения для пациентов с высоким риском кровотечения или тех, кто не может прекратить прием антикоагулянтов перед операцией [19, 30].

Еще одним частым осложнением ПНЛ является послеоперационная лихорадка с частотой заболеваемости 10,8% [19, 104]. У пациентов со стерильной мочой до операции развитие послеоперационной лихорадки было связано с продолжительностью операции и количеством ирригационной жидкости, используемой во время процедуры [98]. Перед проведением любых урологических процедур следует выявить пациентов с бактериурией и провести соответствующее лечение антибиотиками [30]. Помимо предоперационной бактериурии, дополнительными факторами риска уросепсиса были идентифицированы анатомические аномалии почек, нейрогенный мочевой пузырь, длительное время операции и высокое внутрилоханочное давление во время процедуры [30].

Повреждение окружающих органов всегда представляет собой риск хирургического вмешательства, а установка перкутанного кожуха при получении доступа к почке является частью ПНЛ с самым высоким риском повреждения окружающих структур [6]. Подреберный доступ имеет гораздо меньший риск повреждения плевры, чем надреберный доступ, при этом гидроторакс наблюдается в 1,4% и 15,3% соответственно [120]. Сообщается о повреждении собирательной системы во время ПНЛ в 5,2% случаев, а образование уриномы встречается гораздо реже и составляет 0,2% [59, 76]. Нефростомические дренажи часто устанавливаются во время ПНЛ, чтобы обеспечить постоянный отток мочи и сохранить функцию почек, но считаются необязательными в случаях неосложненной и относительно атравматичной ПНЛ [30].

1.2. Эндоскопическая комбинированная интратренальная хирургия как современный подход к лечению сложных форм нефролитиаза

Эндоскопическая комбинированная интратренальная хирургия (ЭКИРХ) – это новый универсальный подход к лечению сложных клинических случаев МКБ [52, 123]. Сочетая антеградный и ретроградный доступ к чашечно-лоханочной системе (ЧЛС), ЭКИРХ позволяет комбинированно использовать весь жесткий и гибкий эндоурологический инструментарий, а также производить оптимальную

чрескожную пункцию [2, 75, 124]. Оптимальное планирование безопасной и эффективной процедуры ЭКИРХ непосредственно зависит от точного предварительного трехмерного построения органов мочевыводящей системы с помощью сегментации DICOM-данных МСКТ органов брюшной полости и органов малого таза и особенностей камней (расположение, количество, размер) [65, 104, 131].

Cesare M. Scoffone в 2008 году, анализируя 127 клинических случаев нефролитиаза, определил возможность, целесообразность и эффективность применения ЭКИРХ в положении Гальдако-Вальдивиа. При равнозначных критериях включения, средних размерах камня 23,8 мм, SFR составил 81,9% после первой операции и 87,4% – после раннего повторного вмешательства. Короткий период госпитализации (3–7 дней) и приемлемый уровень периоперационных осложнений (38,6%), позволил определить данный метод лечения как эффективный и рекомендуемый для широкого применения в клинической практике [69, 71, 72].

В литературе представлено множество исследований об эффективности и безопасности ЭКИРХ. Так, согласно рекомендациям AUA (Американская ассоциация урологов), первый мета-анализ (4 ретроспективных исследования и 1 рандомизированное исследование) показал, что ЭКИРХ сопряжен с более высокой частотой удаления камней по сравнению с ПНЛ, меньшим количеством осложнений и более коротким пребыванием в стационаре. Второй мета-анализ (17 ретроспективных исследований) выявил значительно более низкую частоту кровотечений в группе ЭКИРХ, в то время как частота переливания крови не отличалась между группами. Частота послеоперационной лихорадки была ниже в группе ЭКИРХ [99].

Chen ZH и соавт. провели сравнение ЭКИРХ с мульти-ПНЛ у пациентов с коралловидными камнями почек. Исследование показало, что окончательный SFR был сопоставим в обеих группах (70,6% и 70,6 % соответственно). Среднее время операции составило 140 и 183 мин в группах ЭКИРХ и мульти-ПНЛ

соответственно; разница между группами в этом отношении не была статистически значимой ($p=0,63$).

ЭКИРХ была связана со значительно меньшей послеоперационной болью (0 против 2,7, $p<0,001$). Потеря гемоглобина, частота послеоперационных переливаний крови, осложнения и продолжительность пребывания в стационаре были сопоставимы в двух группах [65, 104].

В проспективном исследовании Nuño de la Rosa и соавт. провели сравнение ЭКИРХ и ПНЛ у пациентов с множественными и коралловидными камнями. Результаты были таковы: время операции было существенно меньше в группе ЭКИРХ (134,45 мин $\pm$ 23,5 против 165,21 мин $\pm$ 37,62). Показатели успеха с первой процедуры были выше в группе ЭКИРХ (75,3%) по сравнению с ПНЛ (40,8%), после второй операции SFR также оставался выше, чем в группе ПНЛ (93,1 против 74,5%). Следует отметить, что процент удаленных камней после первой процедуры с точки зрения площади поверхности камня также был значительно выше в группе ЭКИРХ (99,1 против 92,6%). При этом, статистически значимых различий не было обнаружено в отношении послеоперационных осложнений или дней пребывания в больнице [53, 68].

В исследовании Dilip K Mishra, опубликованном в Journal of Endourology в 2024г., сказано о сравнении эффективности ЭКИРХ и мини-ПНЛ при крупных камнях верхней трети мочеточника. Результаты были таковы: у пациентов 1-й группы (ЭКИРХ) время процедуры было значительно короче, чем у пациентов 2-й группы (мини-ПНЛ) (42,1 $\pm$ 11,2 минуты против 52,1 $\pm$ 13,7 минуты). У пациентов 1-й группы одномоментный показатель SFR составил 98,3%, что было достоверно выше, чем у пациентов 2-й группы (83%). У пациентов 2-й группы частота повышения температуры была выше (10 против 4), однако ни в одной из групп не было случаев сепсиса. Остальные осложнения были сопоставимы в обеих группах [56, 117].

Goktug H. N. G. и соавт. сравнили две группы пациентов, которым выполнялись ЭКИРХ и ПНЛ. Показатели отсутствия камней после операции составили 48,5% в группе ПНЛ и 64,4% в группе ЭКИРХ, $p=0,064$ соответственно).

Сравнивая необходимость в дополнительном доступе к ЧЛС, выяснено, что этот показатель был значительно выше в группе ПНЛ, чем в группе ЭКИРХ (29,5% против 0%, $p < 0,05$), что, вероятно, говорит о довольно частой необходимости в дополнительном доступе. Также была отмечена значительная разница в отношении среднего времени интраоперационной рентгеноскопии: 16 мин в группе ПНЛ и 12 мин в группе ЭКИРХ. Среднее время длительности операции было значительно выше в группе ПНЛ по сравнению с группой ЭКИРХ (90 против 70) [69].

Таким образом, ЭКИРХ представляет собой безопасный и эффективный метод лечения крупных и сложных (коралловидных) камней почек, а также является методом выбора при наличии камней в почках и мочеточниках одновременно [107, 111]. Эта процедура демонстрирует преимущества по сравнению с традиционной ПНЛ, обеспечивая более высокую эффективность удаления камней, меньшее количество осложнений и сокращенный период восстановления [90]. Кроме того, ЭКИРХ превосходит ретроградную УРС и ДУВЛ по аналогичным показателям [69]. Основным конкурентом данной методики выступает мульти-ПНЛ, которая, согласно исследованиям, уступает ЭКИРХ преимущественно из-за более высокой частоты послеоперационных осложнений и более длительного нахождения в стационаре [61, 92].

1.3. История аспирационной хирургии

Аспирационная хирургия МКБ прошла путь от простых перкутанных доступов к высокотехнологичным ирригационно-аспирационным системам. Исторической отправной точкой считается 1955 г., когда Goodwin впервые описал чрескожную пункцию ЧЛС для дренирования. В 1976 г. Fernström и Johansson представили ПНЛ, в которой механическое удаление конкрементов стало ключевым этапом после дробления камней.

Начиная с 2000-х годов наблюдается устойчивая тенденция к уменьшению диаметра доступа ПНЛ, позволяющая снизить кровопотерю и частоту травматичных осложнений без потери эффективности [30].

Несмотря на постоянный прогресс эндоскопических процедур, основным неизменным компонентом остается использование физиологического раствора, необходимого для лучшего выведения мелкодисперсной взвеси от конкрементов в результате дробления, интраоперационной визуализации и уменьшения термического воздействия на ткани [111]. Высокое ВЛД, обусловленное подачей физиологического раствора, является причиной пиеловенозного и пиелолимфатического рефлюкса, что в свою очередь может привести к системной абсорбции бактерий и их токсинов и возникновению угрожающего жизни инфекционного осложнения и сепсиса [94, 122].

С другой стороны, миниатюризация ПНЛ выявила ограничения пассивной аспирации, привела к развитию полуактивной и в итоге активной вакуумной аспирации для удаления «каменной пыли».

Для решения вышеупомянутых ограничений были разработаны различные перкутанные кожухи с системой аспирации. Всасывание ирригационной жидкости, фрагментов камня и крови в режиме реального времени во время процедуры направлено на снижение ВЛД, улучшение видимости и уменьшение времени операции.

1.3.1. Антеградные способы активной аспирации

1. Система Clear Petra — нефростомический кожух (12–28 Ch) с автоматической вакуумной аспирацией через наклонный боковой порт, соединенный с коллектором взвеси от конкрементов. Сила аспирации может регулироваться с помощью клапана, расположенного на резервуаре для сбора камня [62].

Существует модификация Clear Petra с использованием двух кожухов: отдельные каналы для ирригации (через внешний кожух 20 Ch) и аспирации (через внутренний кожух 16 Ch). Согласно данным литературы, показатель SFR варьируется от 71,3% до 97,3% с применением данной системы. Осложнения наблюдались в 13,2–38,9% случаев, при этом уровень инфекционных осложнений

составлял 5,5–27,8%, большинство из которых были в виде лихорадки и кровотечения (0–7,6%) [62].

2. Супер-мини-ПНЛ была разработана в 2016 году Гохуа Цзэном и модернизирована в 2017 году, для улучшения визуализации и извлечения фрагментов. Кожух представляет собой двухслойную металлическую конструкцию, которая обеспечивает одновременное ирригацию и аспирацию (приток через пространство между двумя слоями, отток через центральный просвет кожуха). Этот метод нового поколения был описан как безопасный и эффективный для лечения камней почек <3 см [70]. Показатель SFR составил 85,8–95,5%, в то время как показатели осложнений варьировались от 5,1% до 16% (гематурия 0–8,1%, послеоперационная лихорадка - 5,4% -11,3%). В одном исследовании было зарегистрировано два случая сепсиса (1%) [122]. Среднее оперативное время варьировалось от $32,9 \pm 23,0$ мин до $54,3 \pm 27,7$ мин [62].

3. Суперперк (Шах-кожух). Техника была впервые описана в 2017 году К. Шахом. Используемый кожух, состоит из трех металлических компонентов: канюли 10–12 Ch, устройства всасывания (насос), и obturator [70]. Силиконовый клапан сохраняет отрицательное давление при введении детского уретероскопа (4,5/6 Ch). SFR в данном случае варьировался от 96,1% до 100%; частота осложнений составила 5,7–10%, а частота инфекционных осложнений – 5–5,7%. Ни в одном исследовании не сообщалось о развившихся кровотечениях [117].

4. Аспирационный кожух для мини-ПНЛ 16Ch имеет боковое ответвление с функцией аспирации. Данный кожух позволяет автоматически регулировать уровень всасывания для поддержания давления в необходимом диапазоне безопасности. Заявленный показатель SFR составил 81–96,7%, а показатели осложнений варьировались от 8,3% до 28,8% (инфекции 5–22,2%, кровотечения 0–6,6%) [101].

1.3.2. Ретроградные способы активной аспирации

Параллельно аспирационные технологии активно развивались и в ретроградной хирургии. В настоящий момент в гибкой уретерореноскопии описаны следующие основные подходы: аспирационные мочеточниковые кожухи и аспирационные гибкие инструменты [105].

1. Аспирационные мочеточниковые кожухи

Концепция основана на сочетании стандартного кожуха с дополнительным аспирационным каналом, подключённым к регулируемому вакууму. Это позволяет осуществлять непрерывное или прерывистое всасывание мочи, ирригационного раствора и фрагментов конкремента через просвет кожуха.

Систематический обзор и метаанализ РКИ (Kayano Setall, 2025г.) показал, что применение данного кожуха позволяет достичь более высокого показателя SFR, значительно сократить время операции и снизить риск общих осложнений по сравнению с гибкой УРС без его использования. Однако существенной разницы в продолжительности госпитализации между двумя группами не было [87].

Эволюция аспирационных мочеточниковых кожухов прошла три этапа. Первое поколение представлено стандартными мочеточниковыми кожухами 12–14 Ch с активной аспирацией. Их ограничение заключалось в том, что аспирация в просвете мочеточника существенно снижалась из-за коллапса стенки мочеточника под действием отрицательного давления.

Второе поколение — навигационные аспирационные кожухи с гибким кончиком. Ключевое преимущество данной разработки — возможность проведения кожуха непосредственно в ЧЛС без риска повреждения лоханочно-мочеточникового сегмента (ЛМС). Гибкий кончик повторяет изгибы инструмента, позволяя эффективно эвакуировать фрагменты даже из труднодоступных чашечек. На сегодняшний день именно навигационные кожухи чаще всего используются в клинической практике.

Третий этап — современные системы с автоматическим контролем давления. Подача ирригационной жидкости и аспирация регулируются автоматически для

поддержания заданного давления в ЧЛС. Эта технология приближает ретроградную хирургию к идеалу ультразвуковой литотрипсии, где дробление и эвакуация фрагментов происходят одновременно.

2. Аспирационные уретерореноскопы

Данные инструменты способны проводить активную аспирацию из ЧЛС по рабочему каналу. Существует две основные конструкции: одноканальные (прерывистая аспирация) - рабочий канал используется попеременно для ирригации и аспирации (исследования подтверждают высокий показатель SFR до 97%, однако диаметр канала ограничивает размер удаляемых фрагментов, и требуется частая смена режимов); двухканальные (синхронная аспирация) –такие инструменты имеют отдельные каналы, что позволяет одновременно проводить ирригацию и активное всасывание. Это эффективно для удаления крупных фрагментов и работы с большими камнями, однако инструмент имеет большой диаметр, требует использования кожуха и несет потенциальный риск повышения ВЛД при обтурации просвета канала [74, 108].

Эволюция аспирационной хирургии МКБ прошла путь от пассивного дренирования до интегрированных систем с активным вакуум-контролем, позволяющих одновременно решать задачи эффективной фрагментации и безопасной эвакуации фрагментов конкрементов. Внедрение современных аспирационных технологий в перкутанные и ретроградные методики обеспечивает высокие показатели эффективности лечения (SFR) при снижении риска инфекционных осложнений благодаря контролю ВЛД.

1.4. Применение виртуальной реальности в хирургическом лечении пациентов с мочекаменной болезнью

При малоинвазивных процедурах по лечению МКБ прямой обзор операционного поля заменяется информацией, получаемой от систем визуализации, таких как: интраоперационное ультразвуковое исследование (УЗИ), рентгеноскопия или эндоскопия [136]. Эти методы, как правило, сопровождаются

некоторыми неточностями из-за снижения тактильной обратной связи и ограниченного поля зрения [136].

ПНЛ является методом выбора для крупных камней почек (>20 мм) и камней нижней группы чашечек с узкой шейкой. Это сложная процедура с различными этапами, требующими многолетнего опыта и точности действий хирурга [73]. Основные задачи хирурга во время данной процедуры - интраоперационное определение точной траектории пункции ЧЛС, чтобы не повредить важные анатомические структуры, навигация, достижение SFR за одну операцию и обеспечить тем самым короткое пребывание пациента в условиях стационара [128].

Чтобы облегчить хирургам эти задачи, было предложено множество систем виртуальной и дополненной реальности, позволяющих определить необходимую траекторию пункции ЧЛС. Внедрение искусственного интеллекта, виртуальной реальности (VR), дополненной реальности (AR) и смешанной реальности (MR) в урологическую практику привело к расширению возможностей врача, а также к появлению современных систем обучения, которые являются экономически эффективными и предъявляют повышенные требования к хирургическим показателям и результатам [136].

Виртуальное построение искусственного мира представляет собой VR (Virtual reality), ключевым элементом которой является высокий уровень погружения пользователя в виртуальную среду, а именно, высокий уровень точности окружающих структур, а также взаимодействие пользователя с ними в реалистичной манере [61, 88, 136].

AR отличается от VR тем, что первая заключается в наложении изображений, созданных компьютером на реальный мир [61]. Это позволяют врачу видеть физическое изображение окружающей среды с дополнениями в виде виртуальных изображений. Развитие AR началось в 1960-х годах, но термин «дополненная реальность» был введен только в 1990 году. В настоящее время AR широко используется в клинической практике, предоставляя дополнительную информацию для врача во время навигации (наведение КТ/МРТ). Основными областями интереса являются анатомия с трехмерной визуализацией

труднодостижимых структур и физиология с представлением механизмов в трехмерном пространстве [88].

MR — это иммерсивная технология, которая предоставляет виртуальный контент для взаимодействия с реальными элементами. Область МКБ адаптировала технологические достижения, новые инструменты и методы для выполнения урологических лечебных процедур [61].

Искусственный интеллект – это способность компьютерных программ выполнять задачи, которые обычно требуют человеческого интеллекта. В широком смысле — это попытка воспроизвести человеческий интеллект с помощью машины: научить её воспринимать информацию, обучаться, рассуждать, решать задачи и принимать решения [136]. Термин «искусственный интеллект» был придуман Джоном Маккарти в 1956 году. Совсем недавно искусственный интеллект начал внедряться в медицину для повышения уровня лечения пациентов, открывая путь к обеспечению более качественного здравоохранения в целом. Рентгенологические изображения, электронные медицинские карты пациентов анализируются с помощью машинного обучения, что помогает в процессе диагностики и лечения пациентов и расширяет возможности врачей [128].

В одном из исследований, на основе методов машинного обучения, разработана модель, предсказывающая риск развития сепсиса после ПНЛ. Обучение искусственного интеллекта проводилось на данных 694 пациентов, перенесших ПНЛ, среди которых в 45 (6,5%) наблюдениях был зафиксирован послеоперационный сепсис. Разработанная модель продемонстрировала высокую прогностическую точность: чувствительность — 87,8%, специфичность — 86,9%, а общая точность — 87,4%.

Ключевыми предикторами развития сепсиса были выявлены следующие факторы: результаты предоперационного посева мочи, пол пациента, длительность предоперационной антибиотикотерапии, наличие нитритов в общем анализе мочи, уровень лейкоцитов в крови, наличие воспаления в мочевых путях, коралловидные камни, оперативные вмешательства в анамнезе на той же стороне, суммарный диаметр конкрементов и анатомические аномалии почек.

Предложенная модель позволяет с высокой точностью прогнозировать риск развития сепсиса после ПНЛ на основе большого ряда факторов, что позволяет правильно подобрать время для выполнения вмешательства и снизить частоту послеоперационных осложнений [105].

Taayube Shabaniyan и др. разработали модель для прогнозирования результатов ПНЛ на основе искусственного интеллекта. Анализ проводился на данных 254 пациентов с МКБ, из которых у 194 (76,4%) человек удалось достичь 100% SFR, тогда как 60 пациентам потребовались дополнительные вмешательства: дистанционная литотрипсия (5,9%), УРС (5,9%) и повторная ПНЛ (4,7%).

Разработанная модель продемонстрировала высокую точность (94,8%) в прогнозировании полного удаления камней после первой процедуры ПНЛ. Кроме того, она с высокой эффективностью предсказала необходимость установки катетера-стента для восстановления оттока мочи у 85,2% пациентов и идентифицировала наблюдения, требующие переливания крови, с точностью 95,0%.

Основные параметры, использованные в прогнозировании, включали: возраст пациента, наличие предшествующих урологических вмешательств, размер, объем и локализацию камней, а также уровень гемоглобина.

Разработанная модель продемонстрировала качественные результаты. Она не только повышает точность прогнозирования успешности удаления камней, но и позволяет оценивать необходимость дополнительных процедур и риск осложнений, что способствует оптимизации лечебного процесса [57].

Masaki Kobayash и соавт. разработали систему, основанную на нейронной сети, которая предназначена для автоматизированного выявления конкрементов на стандартных рентгенограммах. Для обучения модели были задействованы 827 рентгеновских изображений, а для тестирования – 190.

Разработанная система продемонстрировала высокую чувствительность (87,2%) и положительную прогностическую ценность (66,2%) в обнаружении камней. Время обработки одного изображения составило 110 миллисекунд, что свидетельствует о высокой скорости работы алгоритма.

Представленная система может стать эффективным инструментом для первичной диагностики МКБ, помогая врачу с поиском конкрементов. Однако авторы подчеркнули необходимость дальнейших исследований с расширением выборки данных для повышения точности и надежности диагностических предсказаний [70].

Huang YS и соавт. изучали эффективность применения 3D-моделирования (3-dimensional - трехмерный) для предоперационного планирования и симуляции пункции ЧЛС у пациентов с МКБ. В исследовательской группе создавались трехмерные реконструкции ЧЛС и конкрементов на основе данных компьютерной томографии с использованием программного обеспечения Mimics19. Это позволило детализировать пространственное расположение камней и точно определить оптимальную чашечку для пункции. На основе 3D-моделей были разработаны наиболее благоприятные пути доступа, а также выполнены симуляции пункции с целью уточнения угла и глубины проникновения пункционной иглы.

Результаты исследования продемонстрировали, что предоперационное 3D-моделирование способствует значительному сокращению времени операции (85,57 мин против 92,42 минуты в контрольной группе, $p < 0,05$), уменьшению количества попыток пункции (2,00 против 3,02, $p < 0,05$) и количества доступов (1,95 против 2,15, $p < 0,05$). Полное удаление конкрементов было достигнуто в 85% наблюдений в исследовательской группе и в 80% случаев в контрольной группе, однако разница не достигла статистической значимости. Данный метод демонстрирует высокую точность в определении локализации камней и планировании доступа, что повышает эффективность и безопасность хирургического вмешательства. Кроме того, использование 3D-моделирования способствует минимизации риска повреждения окружающих органов и снижению необходимости в повторных МСКТ-исследованиях, тем самым уменьшая лучевую нагрузку на пациента [59].

Данное исследование продемонстрировало, что применение 3D-моделирования для предоперационного планирования ПНЛ у пациентов с коралловидными или множественными камнями значительно улучшает клинические исходы. В 22 из 35 наблюдениях (63%) 3D-модель позволила

изменить или оптимизировать план пункции, что повысило точность хирургического вмешательства и снизило потребность в дополнительных процедурах. После одной процедуры ПНЛ полное удаление камней было достигнуто у 24 пациентов (69%), при этом в 22 наблюдениях (63%) это удалось с использованием единственного пункционного доступа.

В 16 из 24 случаев (76%), где удалось достичь полного удаления конкрементов, планирование с помощью 3D-модели позволило изменить первоначальный хирургический подход (10 случаев) или сделать возможным оптимальное планирование (6 случаев). Таким образом, применение 3D-моделирования значительно повышает эффективность ПНЛ, минимизируя количество доступов и снижая потребность в повторных вмешательствах [55].

В одном из исследований оценивалась эффективность комбинации 3D-визуализации и УЗИ контроля при выполнении ПНЛ по сравнению со стандартным УЗ-контролем у пациентов с МКБ. Результаты показали, что среднее время пункции в экспериментальной группе составило 4,36 мин, что значительно быстрее, чем в контрольной (10,72 мин, $p < 0,05$). Общее время операции также было меньше в экспериментальной группе (65,85 мин против 81,34 мин, $p < 0,05$). Потеря гемоглобина в группе с 3D-визуализацией составила 8,55 г/л, в контрольной — 13,33 г/л ($p < 0,05$). Успешность пункции с первого раза была 98,41% в экспериментальной и 81,82% в контрольной группах ($p < 0,05$), а совпадение хода пункции с продольной осью целевой чашечки составило 88,89% против 60,00% соответственно ($p < 0,05$). Авторы пришли к выводу, что использование 3D-визуализации с УЗИ повышает точность и снижает время операции, кровопотерю и сложность процедуры [121].

Анализ современных исследований показал, что применение 3D-технологий в предоперационном планировании ПНЛ значительно повышает эффективность и безопасность процедуры, а также сокращает время процедуры. Будущие исследования с более крупной выборкой пациентов необходимы для дальнейшей оценки эффективности и экономической целесообразности данных методов.

Jens J Rassweiler и соавт. описали один из первых клинических опытов применения виртуальной реальности при ПНЛ. Двум пациентам выполнена МСКТ органов мочевыводящей системы за день до операции. Интроперационно место пункции было определено в соответствии с отображаемым на планшете положением почки, а система сбора материала была установлена с помощью короткой двухмерной рентгенологической ориентации иглы. Была выбрана чашечка для пункции, положение иглы было проверено рентгенологически. В обоих наблюдениях виртуальная реальность позволила выбрать оптимальный доступ к ЧЛС с первого раза [90, 91].

Lei Wang в соавт. создали модель трехмерной визуализации ПНЛ для интраоперационного управления пункцией в среде смешанной реальности с целью оценки ее точности и клинической ценности. Пациенты с показаниями к ПНЛ были проспективно разделены на две группы – исследуемая группа и контрольная группа. Во время операции трехмерная модель визуально совпадала с телом пациента при помощи очков виртуальной реальности Hololens. Пункция ЧЛС выполнялась под контролем трехмерного изображения и ультразвукового контроля. Пациентам контрольной группы выполнялась рутинная ПНЛ в положении лежа на животе под контролем УЗИ. По сравнению с контрольной группой, группа с применением трехмерной модели имела более короткое время пункции ($8,9 \pm 3,3$ против $14,5 \pm 6,1$ мин, $p < 0,001$), меньше попыток пункции ($1,4 \pm 0,6$ против $2,2 \pm 1,5$, $p = 0,009$) и, возможно, с эти также связаны большие показатели SFR (90,5% против 72,5%, $p = 0,19$) [58].

Таким образом, системы виртуальной реальности обладают потенциалом для повышения безопасности и результатов оперативных вмешательств у пациентов с камнями почек. За последние десять лет многие технические достижения привели к созданию более совершенных систем, которые уже применяются в клинической практике. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы справиться с существующими ограничениями в области оказания помощи в смешанной и дополненной реальностях в клинических условиях. Навигация с помощью планшета или очков виртуальной реальности, целью которой является улучшение

качества пункции ЧЛС, представляет собой новую технологию, которая доказала свою применимость в клинической практике, но все еще имеет потенциал для технического усовершенствования.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Организация и дизайн исследования

Настоящая работа выполнена в виде проспективного рандомизированного клинического исследования, в которое включены 164 пациента, которым были выполнены хирургические вмешательства на базе Института урологии и репродуктивного здоровья человека ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).

Критерии включения пациентов в исследование:

1. Пациенты с крупными, множественными или коралловидными камнями почек, которым планируется эндоскопическое удаление камней почек;
2. Отсутствие противопоказаний к проведению ЭКИРХ и мульти-ПНЛ;
3. Возраст >18 лет;
4. Добровольное письменное согласие пациента на участие в исследовании.

Критерии невключения пациентов в исследование:

1. Пациенты с единичными камнями почек <3 см;
2. Острая мочевого инфекция;
3. Наличие противопоказаний к операции;
4. Аномалия развития органов мочевыводящей системы;
5. Операции на органах мочеполовой системы в анамнезе.

Критерии исключения пациентов из исследования:

1. Отказ пациента от участия в исследовании.

Пациентам, вошедшим в данное исследование, были проведены все необходимые лабораторные и инструментальные методы исследования. Схема реализации исследования представлена на Рисунке 1.

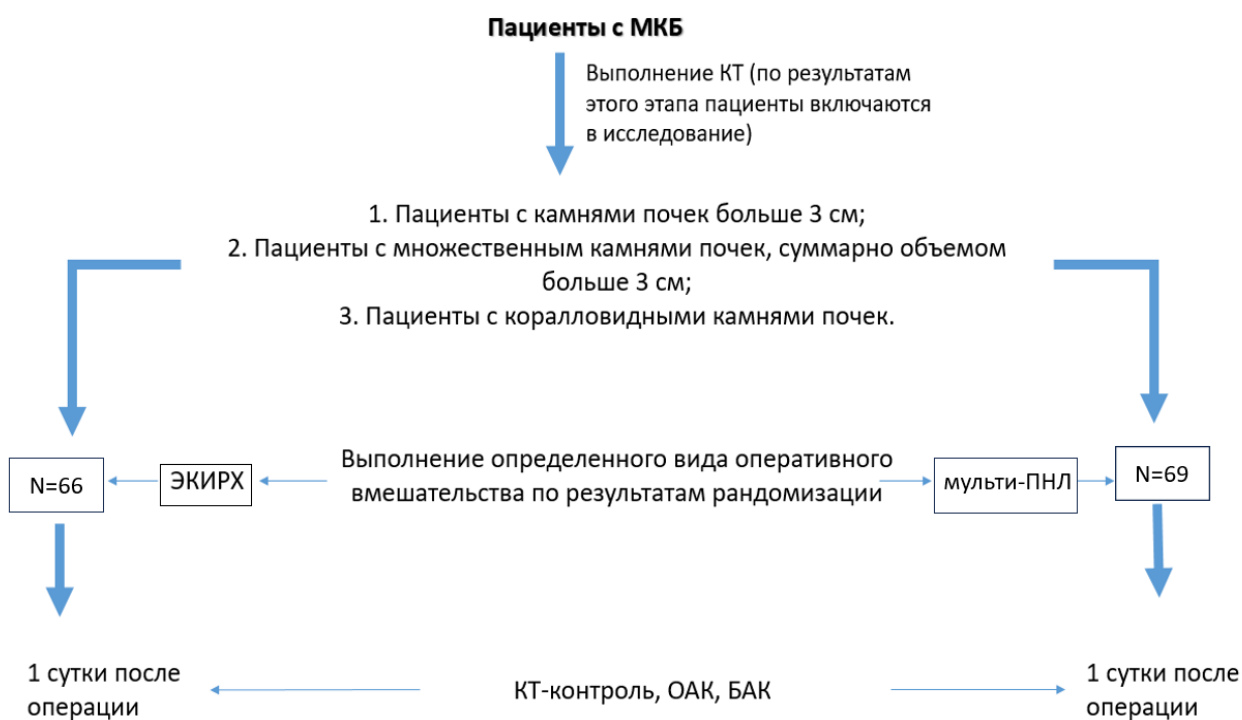


Рисунок 1 – Схема реализации исследования

Всего было проведено 164 оперативных вмешательства. В исследовании имеются 2 рандомизированные группы общей выборкой 135 пациентов и 2 группы наблюдений. По итогам оценки цели операции и типа оперативного вмешательства пациенты общей выборки были рандомно с помощью генератора случайных цифр разделены на 2 клинические группы:

1) группа 1–66 пациентов с крупными, множественными и коралловидными камнями почек в возрасте от 25 до 69 лет, которым в период с 01.09.2023 г. по 10.04.2026 г. была проведена стандартная ЭКИРХ (далее – ЭКИРХ);

2) группа 2–69 пациентов с крупными, множественными и коралловидными камнями почек в возрасте от 27 до 70 лет, которым в период с 01.09.2023 г. по 10.04.2026 г. была проведена мульти-ПНЛ.

Также в исследовании имеются дополнительные 2 клинические группы наблюдений:

1) группа наблюдения 3–17 пациентов с крупными, множественными и коралловидными камнями почек в возрасте от 25 до 68 лет, которым в период с 01.09.2023 г. по 10.04.2026 г. была проведена аспирационная ЭКИРХ;

2) группа наблюдения 4–12 пациентов с двусторонними камнями почек в возрасте от 27 до 65 лет, которым в период с 01.09.2023 г. по 10.04.2026 г. была проведена билатеральная ЭКИРХ.

В последующем было проведено описание техник выполнения ЭКИРХ, мульти-ПНЛ, аспирационной ЭКИРХ и билатеральной ЭКИРХ, а также разбор необходимого инструментария.

В итоге производилась оценка эффективности и безопасности данных методов лечения на основе оценки ряда параметров.

Данное исследование одобрено Локальным этическим комитетом Сеченовского Университета (протокол № 04–24 от 21.02.2024 года).

Статистическая обработка данных производилась при помощи ПО IBM SPSS Statistics 27. Нормальность распределения данных оценивалась по критерию Колмогорова-Смирнова с поправкой Лиллиефорса. При нормальном распределении данные представлены в виде средних значений с указанием стандартного отклонения и 95% доверительного интервала, анализ групп выполнялся при помощи t-критерия Стьюдента, дисперсионного анализа и корреляционного анализа по Пирсону. При ненормальном распределении применялись методы непараметрической статистики — критерии Манна-Уитни, Уилкоксона, Краскела-Уоллиса и корреляционный анализ по Спирмену, данные представлены в виде медиан и интерквартильных размахов.

2.2. Клиническое описание групп сравнения – группы эндоскопической комбинированной интратрениальной хирургии и группы мульти-перкутанной нефролитотрипсии

Общая выборка в данном исследовании составила 135 пациентов. Группы наблюдения включали 66 пациентов в группе ЭКИРХ и 69 пациентов в группе мульти-ПНЛ.

Проведена оценка распределения пациентов по половому признаку. В данные группы сравнения были включены 72 женщины, что составило 53,3%, и 63

мужчины, что составило 46,7%. В группе ЭКИРХ включено 36 женщин и 30 мужчин (женщины преобладали над мужчинами в соотношении 1 к 1,2), в группе мульти-ПНЛ – 33 мужчины и 36 женщин (женщины преобладали над мужчинами в соотношении 1 к 1,1) (Таблица 1).

Таблица 1 – Предоперационные данные сравниваемых групп – пол пациентов

Пол	Группа пациентов ЭКИРХ (n=66)		Группа пациентов мульти-ПНЛ (n=69)		Общая выборка (n=135)	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Мужской	30	45,4	33	47,8	63	46,7
Женский	36	54,6	36	52,2	72	53,3

Проведена оценка возрастных данных пациентов, вошедших в исследование. Основной процент пациентов пришелся на возрастную группу от 50 до 59 лет (в группе ЭКИРХ данная возрастная группа составила 36%, в группе мульти-ПНЛ – 45%), меньше всего операций было выполнено в группах <30 лет и от 30 до 39 лет. Медиана возраста пациентов в группе ЭКИРХ составила 55 лет, ИИ — 49 - 60, в группе мульти-ПНЛ медиана возраста пациентов составила 56 лет, ИИ — 47 - 62) (Таблица 2).

Таблица 2 – Предоперационные данные сравниваемых групп – возрастные группы

Возрастные группы (полных лет)	Группа пациентов ЭКИРХ (n=66)		Группа пациентов мульти-ПНЛ (n=69)		Р
	Абс.	%	Абс.	%	
<30	4	6	3	4	
30-39	3	5	4	6	
40-49	14	21	13	19	
50-59	24	36	31	45	

Продолжение Таблицы 2

>60	21	32	18	26	
Медиана	55		56		0,932
Q1	49		47		
Q3	60		62		

Предоперационные данные сравниваемых групп пациентов были оценены по индексу массы тела (ИМТ). Большинство пациентов обеих анализируемых групп имели избыточную массу тела (в группе ЭКИРХ и мульти-ПНЛ 36 и 30 пациентов, соответственно), 22 и 29 пациентов имели ожирение I степени, 4 пациента (3 пациента в группе ЭКИРХ и 1 пациент в группе мульти-ПНЛ) — ожирение II степени. Медиана ИМТ в группе ЭКИРХ составила 28,9 кг/м², ИИ — 27,2–31,8; в группе мульти-ПНЛ – 29,1 кг/м², ИИ — 25,8–31,9 (Таблица 3).

Таблица 3 – Предоперационные данные сравниваемых групп – ИМТ

ИМТ	Группа пациентов ЭКИРХ (n=66)		Группа пациентов мульти-ПНЛ (n=69)		Р
	Абс.	%	Абс.	%	
18,5-24,9	5	7,58	9	13,04	
25-29,9	36	54,55	30	43,48	
30-34,9	22	33,33	29	42,03	
>35	3	4,55	1	1,45	
Медиана	28,9		29,1		0,317
Q1	27,2		25,8		
Q3	31,8		31,9		

По итогам анализа данных визуализирующих методов исследования (в частности – МСКТ), было выполнено распределение пациентов в зависимости от вида камня. В исследовании приняли участие пациенты с коралловидными

камнями почек (полными и неполными) и с множественными камнями почек в количестве от 3 до 5 шт. размером от 9 до 32 мм. В каждом случае камни располагались в лоханке и по одному в разных группах чашечек. В обеих группах чаще всего встречались пациенты с неполными коралловидными камнями (42,4% и 40,6% соответственно нумерации групп). Полные коралловидные камни встречались чаще в группе мульти-ПНЛ (24 против 18 соответственно). Множественные камни почки реже всего встречались в группе мульти-ПНЛ (17 против 20 соответственно) (Таблица 4).

Таблица 4 – Предоперационные данные сравниваемых групп – вид камня

Тип камня	Группа пациентов ЭКИРХ (n=66)		Группа пациентов мульти-ПНЛ (n=76)		Общая выборка (n=135)	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Полный коралловидный камень (КК)	18	27,3	24	34,8	42	31,1
Неполный КК	28	42,4	28	40,6	56	41,5
Множественные камни	20	30,3	17	24,6	37	27,4

Также выполнен анализ размеров камней в сравниваемых группах (в мм). За средний размер камня принято среднее арифметическое размера камня по длинной оси, в случае множественных камней – сумма данных размеров. Медиана размера камня среди пациентов группы ЭКИРХ составил 44 мм (ИИ 41-47), в группе мульти-ПНЛ — 45 мм (ИИ 42-47) (Таблица 5).

Таблица 5 – Предоперационные данные сравниваемых групп – размер камня

		Группа пациентов ЭКИРХ (n=66)	Группа пациентов мульти-ПНЛ (n=69)	Р
Размер камня, мм	Медиана	44	45	0,211
	Q1	41	42	
	Q3	47	47	

Также в ходе работы была оценена плотность камней, измеряемой в HU (Hounsfield Unit), в сравниваемых группах. Средний показатель плотности камня в группе ЭКИРХ составил 1191HU (СО 182, 95%ДИ 1086–1370), в группе мульти-ПНЛ -1310 HU (СО 158, 95%ДИ 1147—1421) (Таблица 6).

Таблица 6 – Предоперационные данные сравниваемых групп – плотность камня

		Группа пациентов ЭКИРХ (n=66)	Группа пациентов мульти-ПНЛ (n=69)	Р
Плотность камня, HU	Среднее арифм.	1191	1310	0,357
	Станд. отклонение (СО)	182	158	
	95% ДИ	1086–1370	1147–1421	

Говоря о сторонах поражения, анализируя предоперационные данные пациентов сравниваемых групп, у 60% пациентов из общей выборки отмечено

правостороннее расположение камня, противоположное же встречалось в 40% случаев (Рисунок 2).

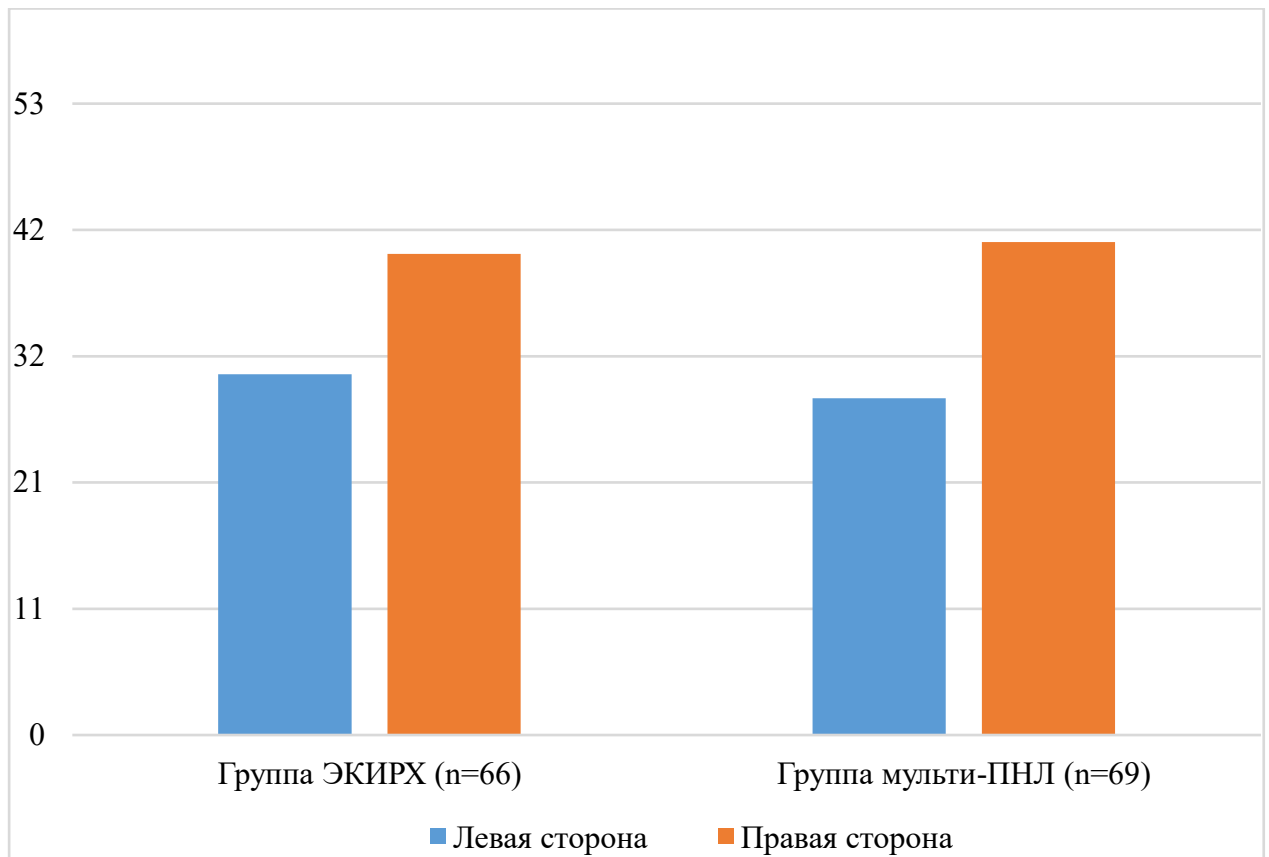


Рисунок 2 – Предоперационные данные сравниваемых групп – сторона поражения

В рамках данного исследования также был выполнен анализ коморбидного фона у исследуемых пациентов. Большую долю сопутствующей патологии в общей выборке составила артериальная гипертензия (28,9%), на втором месте по частоте встречаемости были заболевания органов дыхания (9,6% от общей выборки). Остальные заболевания у пациентов обеих групп встречались значительно реже. Так, заболевания эндокринной системы встречались у 4 человек из всей выборки (1 человек из группы ЭКИРХ и 3 человека из группы мульти-ПНЛ) (Таблица 7).

Таблица 7 – Предоперационные данные сравниваемых групп – коморбидный фон

Сопутствующая патология	Группа пациентов ЭКИРХ (n=66)		Группа пациентов мульти-ПНЛ (n=69)		Общая выборка (n=135)	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
ССС (ишемическая болезнь сердца, аритмии, ИМ)	5	7,6	4	5,8	9	6,7
Артериальная гипертензия	19	28,8	20	29,0	39	28,9
Заболевания эндокринной системы (сахарный диабет)	1	1,5	3	4,3	4	3,0
Болезни дыхательной системы (хроническое обструктивное заболевание легких, бронхиальная астма)	6	9,1	7	10,1	13	9,6
Заболевания печени	1	1,5	1	1,4	2	1,5

Характеризуя клиническое проявление МКБ у пациентов, вошедших в данное исследование, чаще всего встречалась эпизодическая боль в поясничной области - более чем в 60% случаев (из них у 57,6% пациентов в группе ЭКИРХ и у 63,8% пациентов в группе мульти-ПНЛ) (Таблица 8).

Таблица 8 – Предоперационные данные сравниваемых групп – коморбидный фон – клиническая картина

Симптомы	Группа пациентов ЭКИРХ (n=66)		Группа пациентов мульти-ПНЛ (n=69)		Общая выборка (n=135)	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Болевой синдром (боль в поясничной области)	38	57,6	44	63,8	82	60,7
Примесь крови в моче	16	24,2	14	20,3	30	22,2
Случайная находка при помощи визуализирующего метода исследования (УЗИ, КТ)	14	12,2	11	15,9	25	18,5

Из вышеперечисленных данных следует, что сравниваемые группы полностью равнозначны по предоперационным параметрам.

2.3. Клиническое описание групп наблюдений – группы аспирационной и билатеральной эндоскопической комбинированной интратеренальной хирургии

Помимо основного исследования по сравнению эффективности и безопасности стандартной ЭКИРХ, в данную работу включены группы клинических наблюдений, в ходе которых пациентам были выполнены аспирационная ЭКИРХ и билатеральная ЭКИРХ.

1) Группа аспирационной ЭКИРХ

В данную группу включено 17 пациентов (10 женщин и 7 мужчин) с крупными, множественными и коралловидными камнями почек в возрасте от 25 до

68 лет (средний возраст составил 50,7 лет, СО - 12,6 лет, 95% ДИ 44,2–57,1), лечение которых было проведено с помощью методики ЭКИРХ с применением аспирационных кожных (мочеточникового и перкутанного). В большинстве случаев (52,9%) у пациентов в группе аспирационной ЭКИРХ был отмечен ИМТ на уровне 25–29,9. При всех оперативных пособиях использовался 1 перкутанный доступ. Ни в одном из случаев не потребовался дополнительный доступ.

Встречаемость сопутствующей патологии в данной группе представлено в Таблице 9.

Таблица 9 – Предоперационные данные группы аспирационной ЭКИРХ – коморбидный фон

Сопутствующая патология	Группа пациентов аспирационной ЭКИРХ (n=17)	
	Абс.	%
ССС (ишемическая болезнь сердца, аритмии, ИМ)	3	17,6
Артериальная гипертензия	10	58,8
Заболевания эндокринной системы (сахарный диабет)	1	5,8
Болезни дыхательной системы (хроническое обструктивное заболевание легких, бронхиальная астма)	2	11,7
Заболевания печени	1	5,8

Таким образом, из Таблицы 9 следует, что в большей половине случаев (58,8%) у пациентов данной группы встречалась артериальная гипертензия, на втором месте по встречаемости были заболевания ССС (17,6%).

Для минимизации систематической ошибки ввиду отсутствия рандомизации проведен сравнительный анализ двух групп пациентов (ЭКИРХ и аспирационная ЭКИРХ) с использованием метода псевдорандомизации (метода сопоставления на основе показателя склонности). Целью анализа являлось выделение из группы стандартной ЭКИРХ подгруппы пациентов, максимально сопоставимой с группой ЭКИРХ с аспирационными кожухами по основным предоперационным характеристикам (возраст, средний размер камня, средняя плотность камня и ИМТ).

Исходно группы различались по численности: 17 пациентов в основной группе (аспирационная ЭКИРХ) и 66 пациентов в контрольной группе (стандартная ЭКИРХ). Модель логистической регрессии для расчета показателя склонности включала следующие ковариаты: возраст (лет), индекс массы тела (ИМТ, кг/м²), средний размер камня (мм), средняя плотность камня (НУ). Выбор данных переменных был обусловлен их потенциальным влиянием как на выбор хирургической тактики, так и на ожидаемую сложность оперативного вмешательства.

Сопоставление проводилось по алгоритму «ближайшего соседа» с использованием калипера 0,2 стандартного отклонения логарифма показателя склонности. Соотношение групп задано как 1:1, то есть для каждого пациента основной группы подбирался один наиболее близкий пациент из контрольной группы.

В результате сопоставления из группы стандартной ЭКИРХ (n=66) были отобраны 17 пациентов, сформировавших контрольную группу анализа. Таким образом, в финальный анализ вошли 34 пациента (по 17 в каждой группе). Потери наблюдений из контрольной группы составили 74,2% (49 из 66 пациентов).

Таблица 10 – Сравнение ковариат до и после propensity score matching (M ±SD)

	ЭКИРХ (n=66)	Аспирационны й ЭКИРХ (n=17)	SMD	ЭКИРХ (n=17)	Аспирационный ЭКИРХ (n=17)	SMD
Возраст, полных лет	53,7 (10,3) 95%ДИ: 51,2 — 56,2	50,7 (12,6), 95% ДИ 44,2 — 57,1	0,284	49,7 (12,9) 95%ДИ: 43,0— 56,3	50,7 (12,6), 95% ДИ 44,2 — 57,1	0,078
ИМТ, кг/м ²	29,7 (3,1) 95%ДИ: 28,9— 30,5	28,3 (2,7) 95%ДИ:26,9 — 29,6	0,472	28,3 (2,8) 95%ДИ: 26,8— 29,7	28,3 (2,7) 95%ДИ:26,9 — 29,6	0,009
Средний размер камня, мм	43,7 (5,7) 95%ДИ: 42,3 — 45,1)	48,1 (6,3) 95% ДИ: 44,8 — 51,3	0,746	48,6 (5,3) 95%ДИ: 41,4— 47,4	48,1 (6,3) 95% ДИ: 44,8 — 51,3	0,091
Средняя плотност ь камня, НУ	1191 (182) 95%ДИ: 1086 — 1370	1154 (СО 125, 95%ДИ: 1089 — 1218	0,223	1128 (109,6) 95%ДИ: 1072 — 1185	1154 (СО 125, 95%ДИ 1089 — 1218	0,216*
Примечание: * - SMD=0,216 формально превышает порог, однако значение может считаться приемлемым в малых выборках; при проверке t-критерием p=0,534						

2) Группа билатеральной ЭКИРХ

В данную группу вошли 12 пациентов (7 женщин и 5 мужчин) в возрасте от 27 до 65 лет (медиана возраста составила 56,5 лет, ИИ 46–60 лет), у которых на догоспитальном этапе был диагностирован двусторонний нефролитиаз. В большинстве случаев (66,6%) у пациентов в группе билатеральной ЭКИРХ был отмечен ИМТ на уровне 25–29,9.

Анализируя встречаемость сопутствующей патологии у пациентов данной группы, выявлено, что в большинстве случаев (58,3%) встречалась артериальная гипертензия (Таблица 11).

Таблица 11 – Предоперационные данные группы билатеральной ЭКИРХ – коморбидный фон

Сопутствующая патология	Группа пациентов билатеральной ЭКИРХ (n=12)	
	Абс.	%
ССС (ишемическая болезнь сердца, аритмии, ИМ)	1	8,3
Артериальная гипертензия	7	58,3
Заболевания эндокринной системы (сахарный диабет)	1	8,3
Болезни дыхательной системы (хроническое обструктивное заболевание легких, бронхиальная астма)	1	8,3
Заболевания печени	1	8,3

В рамках данной работы билатеральная ЭКИРХ во всех 12 случаях была выполнена пациентам с двусторонними камнями почек. Распределение пациентов по типу билатерального ЭКИРХ представлено в Таблице 12.

Таблица 12 – Распределение пациентов по типу билатеральной ЭКИРХ

Тип операции	Группа пациентов билатеральной ЭКИРХ (n=12)	
	Абс.	%
ЭКИРХ с одной стороны + ТНЛ с другой стороны	4	33,3
Мини-ПНЛ с одной стороны + ТНЛ с другой стороны	8	66,7

2.4. Описание техник выполнения эндоскопической комбинированной интратеренальной хирургии, мульти-перкутанной нефролитотрипсии и необходимого инструментария

1) Техника выполнения ЭКИРХ

В настоящем исследовании ЭКИРХ выполнялась при участии двух бригад хирургов, выполняющих каждый свой уровень вмешательства. Ретроградный доступ осуществлялся с использованием гибких инструментов (Pusen, LithoVue, Innovex) (Рисунок 3).

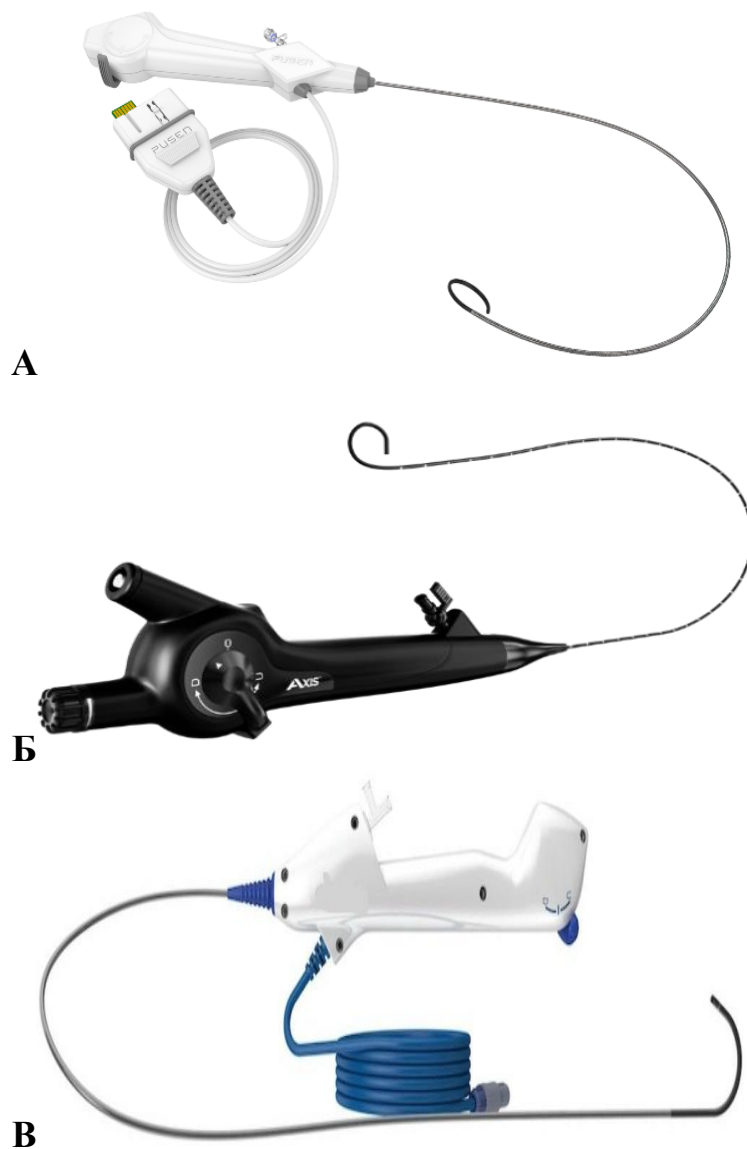


Рисунок 3 – Гибкие инструменты: А – Pusen, Б – Innovex, В – LithoVue

Антеградный доступ проводился путем пункции ЧЛС, установки кожуха 17,5Ch, нефроскопа 12Ch.

Всех пациентов группы ЭКИРХ оперировали в положении лежа на спине с разведенными ногами (положение Гальдакао-Вальдивиа) (Рисунок 4).



Рисунок 4 – Положение пациента на операционном столе при ЭКИРХ (положение Гальдакао-Вальдивиа)

Выполнялась уретроцистоскопия, установка струны-проводника в ВМП до ЧЛС, затем под рентгеноскопическим контролем по проводнику заводился одноразовый гибкий уретерореноскоп 7,5–9,5 Ch. Выполняли дробление конкремента при помощи тулиевого волоконного лазера, превращающего камень во взвесь пыли.

Антеградный доступ во время ЭКИРХ осуществлялся с помощью пункции ЧЛС под контролем ретроградной нефроскопии с комбинацией ультразвукового и рентгеновского контроля (Рисунки 5 и 6).

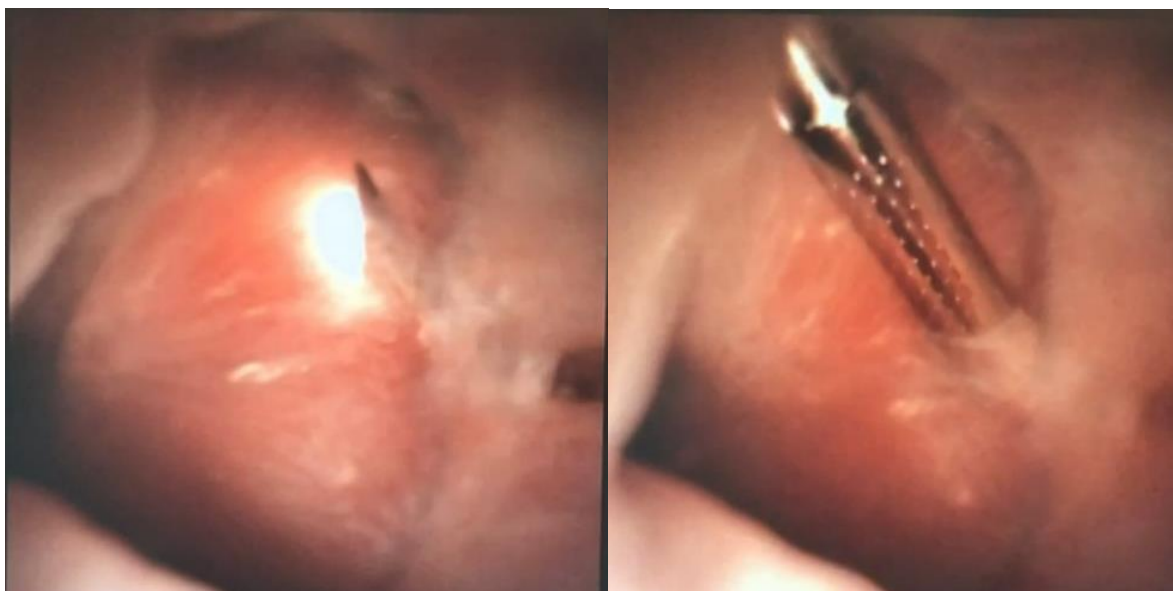


Рисунок 5 – Пункция на сосочек чашечки, эндоскопическая картина

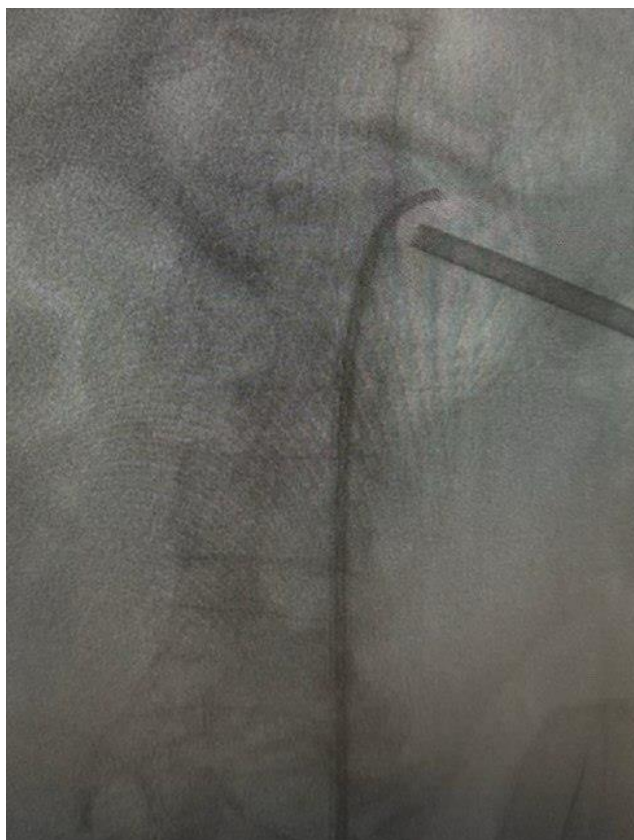


Рисунок 6 – Рентгенологическая картина при ЭКИРХ

Мочеточниковый кожух интраоперационно не использовался, группе аспирационной ЭКИРХ использовался аспирационный навигационный мочеточниковый кожух (12/14 Ch) (Рисунок 7).



Рисунок 7 – Мочеточниковый кожух с активной аспирацией

Принцип действия мочеточникового аспирационного кожуха заключается в следующем: активная аспирация ирригационной жидкости из ЧЛС вместе с мелкодисперсной взвесью от конкремента проводится по имеющемуся дополнительному рабочему каналу. Гибкий конец кожуха делает его навигационным в связи с возможным одновременным его сгибанием вместе с гибким инструментом, что позволяет проводить активную аспирацию из целевой чашечки. Также необходимо отметить, что данных кожух предотвращает ретропульсию камней, улучшает интраоперационную видимость, устраняет необходимость использования корзин для фрагментов. По данному кожуху заводился гибкий уретерореноскоп и выполнялась нефролитотрипсия лазерным волокном 200 мкн при помощи тулиевого волоконного лазера с использованием режима «распыление» (0.50 Дж и частотой 30 Гц) [14].

В группе аспирационной ЭКИРХ в процессе антеградного этапа использовался перкутанный аспирационный кожух 16,5 Ch, принцип действия которого основан на формировании отрицательного давления путем закрытия отверстия в кожухе, чем самым осуществляя процесс активной аспирации ирригационной жидкости из ЧЛС (Рисунок 8).



Рисунок 8 – Перкутанный аспирационных кожных

В конце операции всем пациентам выполнялась установка нефростомического дренажа и катетера-стента на 14 дней.

2) Техника выполнения мульти-ПНЛ

Операция проходила под общей анестезией. В положении пациента Гальдакао - Вальдивиа сначала выполняли цистоскопию и устанавливался мочеточниковый катетер. Осуществлялись чрескожные доступы с использованием пункционной иглы и проводника. Пункции ЧЛС осуществлялись под комбинированной (ультразвуковой и рентгеновской) навигацией. После успешной пункции ЧЛС, подтвержденной появлением мочи из просвета канюли иглы и антеградной каликопиелоуретрографией, через иглу выполнялось проведение гидрофильной струны-проводника в мочеточник. Доступ осуществлялся с использованием тубуса диаметром 17,5 Ch. Далее выполнялась тулиевая лазерная

литотрипсия в режиме «распыление» (энергия 0,5 Дж, частота 30 Гц) и «фрагментация» (энергия 1 Дж, частота 15 Гц). Интраоперационно, индивидуально в каждом из случаев, принималось решение о необходимости дополнительных доступов. Фрагменты от конкремента удалялись за счет отрицательного давления при извлечении нефроскопа или при помощи щипцов. По окончании удаления фрагментов камней, выполнялась контрольная нефроскопия, рентгенография, операция завершалась установкой нефростомических дренажей 10–16 Ch [14].

2.5. Применение смешанной реальности при эндоскопической комбинированной интратрениальной хирургии

В ходе исследования была разработана и апробирована в клинической практике методика смешанной реальности для перкутанной хирургии. Программа (Голографическая навигация Medgital Vision компании ООО «Меджитал» на базе Microsoft Hololens2, г. Санкт-Петербург) уже успела зарекомендовать себя в других отраслях медицины, в частности в нейрохирургии и травматологии на базах ГВКГ им. Н.Н. Бурденко, НИИ СП им. Н.В. Склифосовского и др.

Алгоритм методики смешанной реальности

1) Выполнение МСКТ с метками

Пациентам накануне перед операцией выполнялась МСКТ с контрастированием с использованием специальных меток, наложенных на тело человека, которые создают основу регистрирующей рамки Medgital, на которую в дальнейшем будет фиксироваться голограмма. МСКТ выполнялось в положении, максимально приближенному к положению на операционном столе с целью минимизации смещения органов. Ориентирами служили передняя наружная подвздошная ость, край 12 ребра, задняя подмышечная линия и добавочно любая константная точка (родинка, шрам) (Рисунок 9).

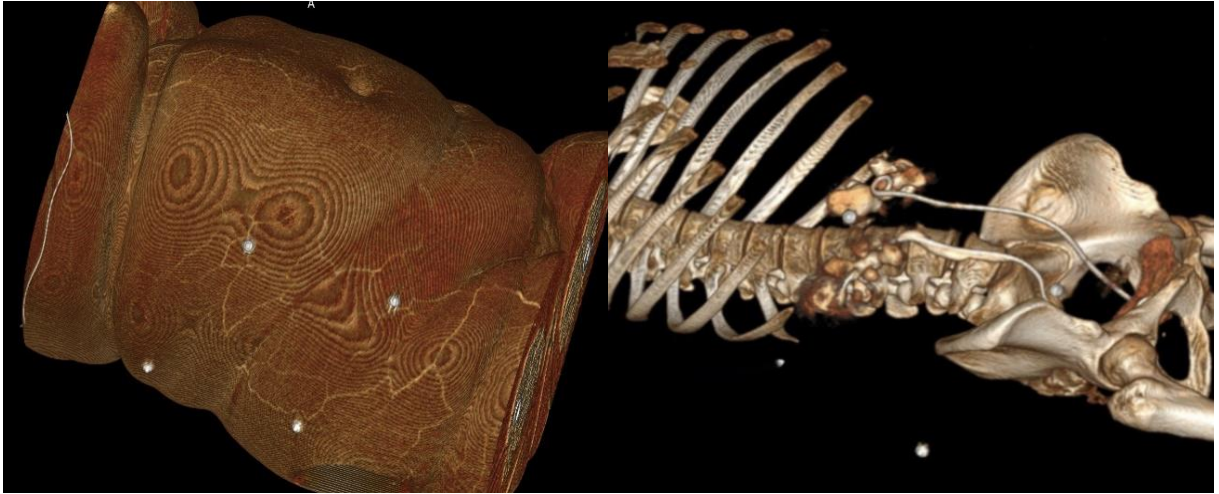


Рисунок 9 – Выполнение МСКТ с рентген-контрастными метками

2) Построение модели и виртуальное планирование операции

Построение модели проводилось в результате обработки DICOM-данных в вышеуказанной программе (Рисунок 10). Во время обработки данных выполнялось виртуальное планирование и построение траектории пункции в целевую чашечку, которую можно проецировать на кожу пациента.

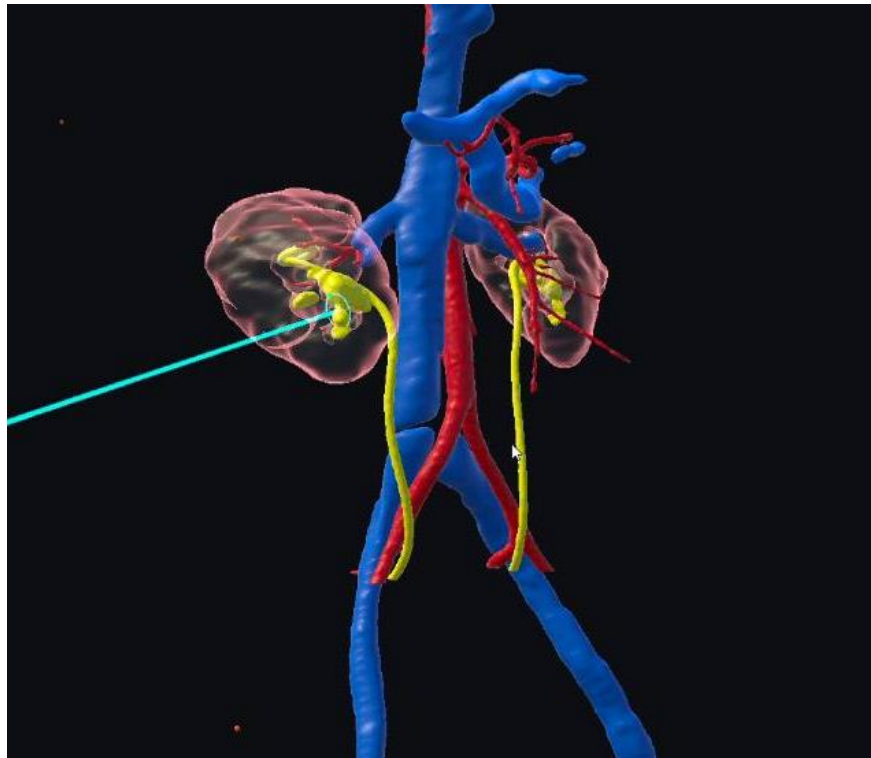


Рисунок 10 – 3D модель верхних мочевых путей и магистральных сосудов с траекторией направления хода пункционной иглы

3) Применение на практике

Для реализации данной методики требовались очки дополненной реальности Hololens2 (Рисунок 11) (производство Microsoft) и высокоскоростной интернет.



Рисунок 11 – Очки дополненной виртуальной реальности Hololens 2

Во время операции на хирурга надевают очки дополненной реальности, построенная трехмерная модель совпадает со стерильной регистрирующей рамкой на теле человека. С помощью данной модели на теле человека хирург анализирует первичный доступ (пункцию ЧЛС), а также осуществляет навигацию по ЧЛС, так как на голограмме четко визуализировано расположение камней (Рисунок 12).

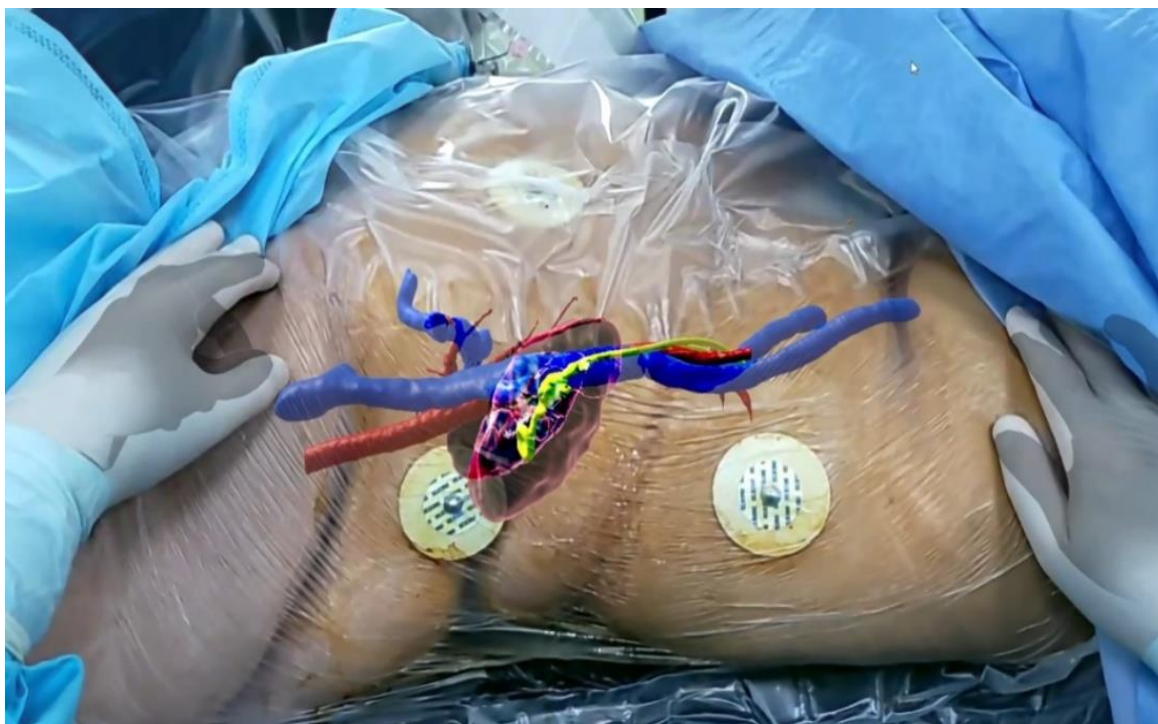


Рисунок 12 – Наложение голограммы на тело пациента, вид в очках дополненной реальности

2.6. Критерии оценки эффективности

Все операции обеих групп проводились одними и теми же хирургическими бригадами, прошедшими кривую обучения.

Эффективность методов лечения, представленных в данной работе, оценивалась по следующим критериям:

1. SFR - отсутствие камня или клинически значимого остаточного фрагмента размером более 4 мм по данным МСКТ, выполненной на первые сутки после оперативного вмешательства;
2. Продолжительность операции в минутах;
3. Динамика уровня гемоглобина до и после оперативного вмешательства, г/л;
4. Наличие послеоперационных осложнений по классификации Clavien-Dindo;
5. Срок пребывания в стационаре, сутки.

В последующем проводилась статистическая обработка полученных данных и определение достоверности разницы вышеуказанных критериев в сравниваемых группах.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ СО СЛОЖНЫМИ ФОРМАМИ НЕФРОЛИТИАЗА

3.1. Результаты хирургического лечения пациентов в группе эндоскопической комбинированной интратрениальной хирургии

В данную группу вошло 66 пациентов с крупными, множественными и коралловидными камнями почек в возрасте от 25 до 69 лет (медиана возраста пациентов этой группы составила 55 лет, ИИ (интерквартильный интервал) - 49–60 лет).

Так, интраоперационно в 100% случаев в группе ЭКИРХ использовался 1 перкутанный доступ. Ни в одном из случаев не потребовался дополнительный доступ.

После операции с целью дренирования верхних мочевых путей пациентам устанавливались мочеточниковые катетеры-стенты и (или) нефростомические дренажи 12 Ch, распределение представлено в Таблице 13.

Таблица 13 – Дренирование ВМП в ходе ЭКИРХ

Вид дренажа	Группа пациентов ЭКИРХ (n=66)
Катетер-стент	66 (100%)
Двойное дренирование (катетер-стент + нефростомический дренаж)	5 (7,6%)

Из Таблицы 13 следует, что в 100% случаев пациентам устанавливался мочеточниковый катетер-стент, и лишь в 7,6% случаев была необходимость в установке нефростомического дренажа.

Продолжительность операции в данной группе составила от 98 до 145 минут с медианой времени 118 минут, ИИ - 109–123 минут (Таблица 14).

Таблица 14 – Продолжительность оперативного вмешательства у пациентов с МКБ при выполнении ЭКИРХ

Продолжительность операции, мин	
Медиана продолжительности	118
Q1	109
Q3	123

Медиана продолжительности пребывания в стационаре составила в группе ЭКИРХ 3 дня с интерквартильным интервалом 3–3. 81,8% пациентов были выписаны в течение 3 суток после оперативного вмешательства) (Таблица 15).

Таблица 15 – Длительность госпитализации пациентов с МКБ при использовании ЭКИРХ

Длительность госпитализации, сутки		
3 суток	54	81,8 %
4 суток	11	16,7%
5 суток	1	1,5 %
Медиана, сутки	3	
Интерквартильный интервал, сутки	3—3	

Произведена оценка основного критерия эффективности вмешательства - показателя SFR. В исследуемой группе пациентов после первой процедуры данный показатель был на уровне 84,8% (56 пациентов) (Рисунок 13). После повторной процедуры данный показатель составил 98,4% (Рисунок 14).



Рисунок 13 – Показатель SFR в группе ЭКИРХ после первой процедуры



Рисунок 14 – Показатель SFR в группе ЭКИРХ после повторной операции

Девяти пациентам после первого этапа вмешательства выполнена повторная операция по поводу резидуальных камней (3 пациентам – антеградным доступом по существующему нефростомическому ходу, 6 пациентам – ТНЛ). У одного пациента в течение 3 месяцев после первой процедуры было отмечено

самостоятельное отхождение резидуальных конкрементов при контрольной МСКТ.

Произведена оценка кровопотери в исследуемой группе. Показатели гемоглобина до операции в группе ЭКИРХ у пациентов составили в среднем 13,8 г/дл (1,45 г/дл). Средний уровень гемоглобина после оперативного вмешательства составил 13,2 (1,33) г/дл (от 11,2 до 15,2 г/дл). Среднее снижение уровня гемоглобина составило 1,02 г/дл с 95% ДИ - 0,85—1,18 г/дл. У 3 пациентов было отмечено снижение гемоглобина ниже референсных значений до операции с минимальным показателем 11,7 г/дл, после операции анемия легкой степени была зарегистрирована у 4 пациентов с минимальным уровнем гемоглобина 11,2 г/дл. Следует отметить, что до операции уровень гемоглобина у данных пациентов был на нижней границе нормы (Таблица 16).

Таблица 16 – Динамика уровня гемоглобина до и после оперативного вмешательства, г/дл [14]

Показатель концентрации гемоглобина	До	После
В пределах нормы	63 (95%)	62 (93,9%)
Ниже нормы	3 (5%)	4 (6,1%)
Среднее арифм.	13,8 г/дл	13,2
Станд. откл.	1,45 г/дл	1,33
ДИ 95%		
Нижний доверительный интервал	13,4 г/дл	12,8
Верхний доверительный интервал	14,2 г/дл	13,5

Продолжение Таблицы 16

Min	11,7 г/дл	11,2
Max	16,8 г/дл	15,2
Показатель снижения гемоглобина, М (СО) 95% ДИ	1,02 (0,69) г/дл 0,85 — 1,18	

Частота развития послеоперационных осложнений в группе ЭКИРХ составила 10,6% (Таблица 17). Осложнения 1 степени по шкале Clavien-Dindo регистрировали в 10,6% случаях и включали в себя гематурию и учащенное мочеиспускание. Из них у 6,1% пациентов отмечены осложнения 2 степени, включающие в себя послеоперационную лихорадку до 38,9С. Осложнения 3–4 степени в данной группе зарегистрированы не были.

Таблица 17 – Послеоперационные осложнения в группе ЭКИРХ по классификации Clavien-Dindo [14]

Степень	Абс.	%
I степень		
Гематурия	7	10,6
Учащенное мочеиспускание	7	10,6
Болевой синдром	0	0

Продолжение Таблицы 17

II степень		
Подтекание мочи из свищевого хода	0	0
Кровопотеря, требующая гемотрансфузии	0	0
Лихорадка, требующая назначения препаратов	4	6,1
III степень	0	0
IV а степень	0	0
IV б степень	0	0
V степень	0	0

Клиническое наблюдение №1

Пациент Г., 52 года. Из анамнеза известно, что страдает МКБ с возраста 20 лет, когда впервые отметил эпизод почечной колики слева с последующим самостоятельным отхождением конкремента. У уролога не наблюдался. В настоящее время при плановом обследовании по данным УЗИ выявлены камни левой почки. Предоперационный уровень гемоглобина - 140 г/л.

Результаты МСКТ (Рисунок 14): в средней чашечке правой почки конкремент 4мм 1002 НУ, еще один конкремент 4,5мм плотностью 1465 НУ. В верхних и средних чашечках левой почки конкремент 39х16х30мм, плотностью 1025НУ, в средней чашечке конкремент 4мм 1328НУ, в нижней чашечке левой почки конкремент 15,6х9х26мм 1032НУ.



Рисунок 15 – 3-мерная визуализация нативной фазы МСКТ до операции

05.12.2024г. пациенту выполнена эндоскопическая комбинированная интратенальная хирургия слева, установка катетера-стента в ВМП слева при участии двух бригад хирургов. Продолжительность данной операции составила 110 минут. На первые сутки после вмешательства с целью оценки показателя SFR пациенту была выполнена МСКТ (Рисунок 16).



Рисунок 16 – 3-мерная визуализация нативной фазы МСКТ на первые сутки после вмешательства

По данным компьютерной томографии, выполненной на следующие сутки после операции, резидуальные камни в левой почке отсутствуют, достигнут показатель SFR. Лабораторные показатели крови (гемоглобин 138 г/л), общий соматический статус пациента были в пределах нормальных значений, в связи с чем пациент был выписан из стационара в удовлетворительном состоянии на третьи сутки после операции. Через две недели пациент обратился в стационар для планового удаления катетра-стента слева, последний был удален.

Клиническое наблюдение №2

Пациентка Л., 69 лет. В анамнезе – длительное консервативное лечение по поводу цистита. При обследовании по данным УЗИ почек выявлен коралловидный камень левой почки. Предоперационный уровень гемоглобина 126 г/л.

Результаты МСКТ (Рисунок 17): определяется полный коралловидный камень, занимающий всю ЧЛС левой почки, максимальным размером 7,5 см плотностью 1010 НУ.



Рисунок 17 – 3-мерная визуализация нативной фазы МСКТ до операции

24.11.2024 г. пациентке проведена ЭКИРХ слева, установка катетера-стента в ВМП слева, нефростомия слева при участии двух бригад хирургов. Продолжительность данного оперативного вмешательства составила 115 минут. С целью оценки показателя SFR на первые сутки после операции пациентке была выполнена МСКТ (Рисунок 18).



Рисунок 18 – 3-мерная визуализация нативной фазы МСКТ на первые сутки после оперативного вмешательства

Исходя из данных компьютерной томографии, выполненной на первые сутки после операции, резидуальные камни в левой почке не определяются, достигнут показатель SFR. Лабораторные показатели крови пациентки после операции были в пределах нормальных значений относительно дооперационных данных (гемоглобин 112 г/л), послеоперационных осложнений отмечено не было, в связи с чем на вторые сутки после операции нефростомический дренаж с предварительным пережатием был удален, пациентка выписана из стационара. Через две недели пациентка обратилась в стационар для планового удаления катетера-стента из ВМП слева, последний был удален.

3.2. Результаты хирургического лечения пациентов в группе аспирационной эндоскопической комбинированной интравенальной хирургии

Анализируя продолжительность оперативного вмешательства в группе аспирационной ЭКИРХ, установлено, что она составила от 72 до 110 минут с медианой времени 83 минуты, ИИ 78—87 минут (Рисунок 19).

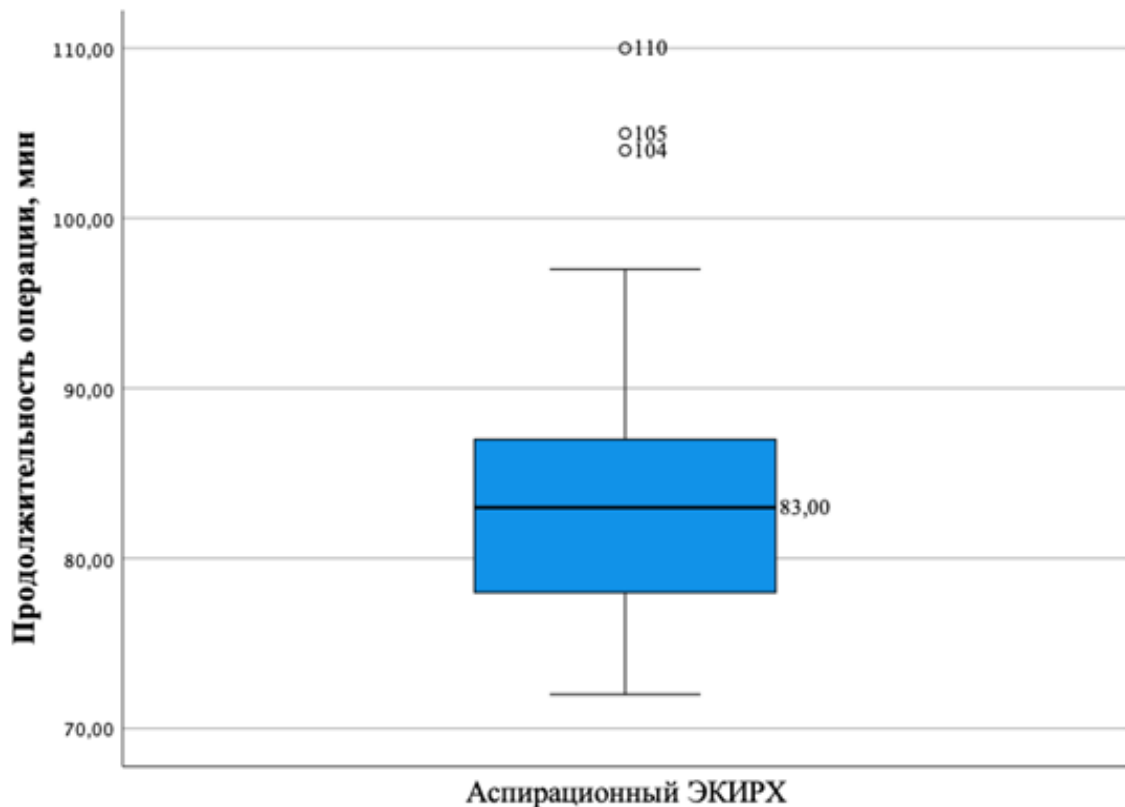


Рисунок 19 – Продолжительность операции в группе аспирационной ЭКИРХ

Показатель SFR в группе аспирационной ЭКИРХ после первой процедуры составил 94,1% (16 пациентов) (Рисунок 20).

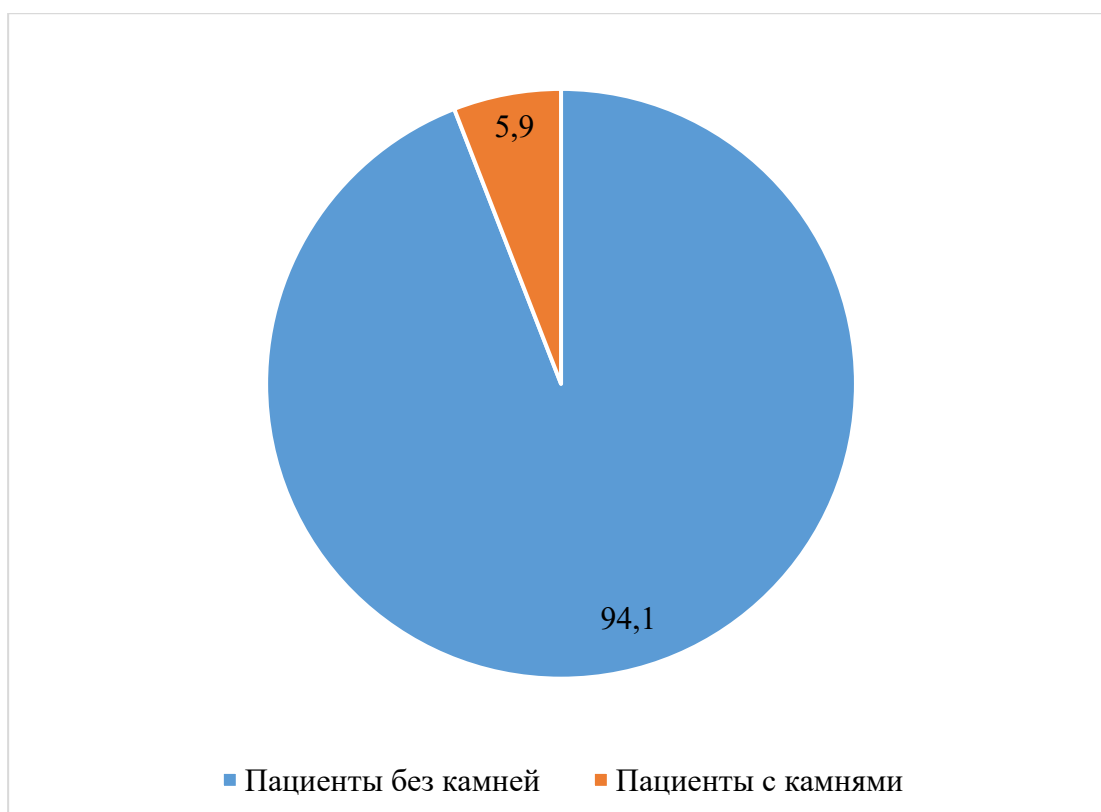


Рисунок 20 – Процент пациентов с SFR при использовании аспирационной ЭКПХ после первой процедуры

В 1 наблюдении, где не был достигнут показатель SFR, вторым этапом была выполнена ТНЛ по поводу резидуальных фрагментов.

Частота развития послеоперационных осложнений в группе аспирационной ЭКПХ составила 17,6%. (Таблица 18). Clavien-Dindo 1 степени регистрировали в 17,6% случаях и включали в себя гематурию и болевой синдром.

Таблица 18 – Послеоперационные осложнения в группе аспирационной ЭКПХ по классификации Clavien-Dindo

Степень	Абс.	%
I степень		
Гематурия	3	17,6
Учащенное мочеиспускание	2	11,8

Продолжение Таблицы 18

Болевой синдром	0	0
II степень		
Подтекание мочи из свищевого хода	0	0
Кровопотеря, требующая гемотрансфузии	0	0
Лихорадка, требующая назначения препаратов	0	0
III степень	0	0
IV а степень	0	0
IV б степень	0	0
V степень	0	0

Клиническое наблюдение №3

Пациентка К., 40 лет. Из анамнеза известно, что при плановом обследовании выявлены камни левой почки. Предоперационный уровень гемоглобина гемоглобин 149 г/л.

Результаты МСКТ (Рисунок 21): определяется коралловидный камень левой почки, занимающий всю лоханку, нижнюю чашечку и часть средней чашечки максимальным размером 45 мм, отдельно лежащие конкременты верхней и средней группы чашечек размером 13 и 6 мм соответственно, плотность конкрементов 990–1150 НУ.



Рисунок 21 – 3-мерная визуализация нативной фазы МСКТ до операции

02.03.2025г. пациентке выполнена ЭКИРХ с применением аспирационных кожных (мочеточникового и перкутанного), установка катетера-стента слева, нефростомия слева при участии двух бригад хирургов. Продолжительность данного оперативного вмешательства составила 82 минуты. На первые сутки после операции с целью оценки показателя SFR пациентке была выполнена МСКТ (Рисунок 22).



Рисунок 22 – 3-мерная визуализация нативной фазы МСКТ на первые сутки после оперативного вмешательства

Согласно данным компьютерной томографии, резидуальных камней в левой почке не выявлено — достигнут SFR. Лабораторные показатели крови на первые сутки после операции оказались в пределах нормальных значений (гемоглобин 145 г/л), на вторые сутки после операции был удален нефростомический дренаж с предварительным пережатием. Пациентка была выписана из стационара через 72 часа после вмешательства, катетер-стент был удален из ВМП слева через 2 недели после операции.

Сравнение ЭКИРХ с применением аспирационных кожухов со стандартной ЭКИРХ

После успешной балансировки было проведено сравнение ключевых клинических исходов (время оперативного пособия, продолжительность госпитализации и SFR) между группами ЭКИРХ и аспирационной ЭКИРХ с использованием парных критериев.

При сравнении SFR в зависимости от типа оперативного пособия не было получено статистически значимых различий ($p=0,175$) несмотря на более высокую частоту обнаружения резидуальных конкрементов в группе стандартной ЭКИРХ, что, вероятно, обусловлено малым числом наблюдений.

Время оперативного пособия было меньше в группе аспирационного ЭКИРХ (83 против 114, минут), что оказалось статистически значимо ($p<0,001$) (Рисунок 23).

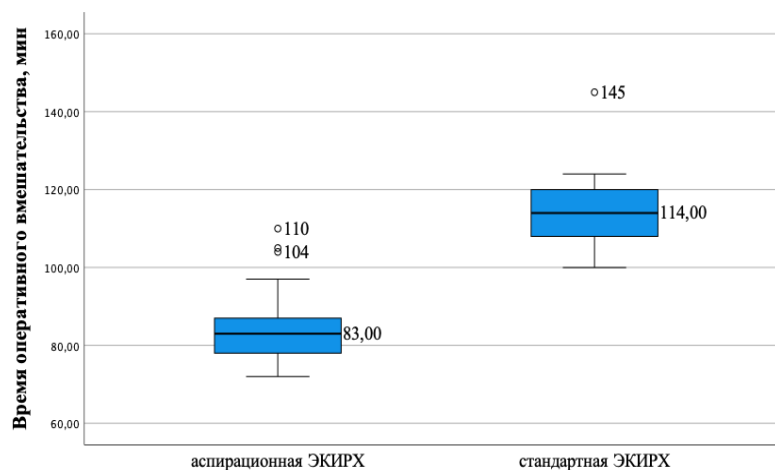


Рисунок 23 – Время операции в группах стандартной ЭКИРХ и ЭКИРХ с аспирационными кожухами

При сравнении данных групп по длительности пребывания в стационаре и показателю SFR выявлена статистически недостоверная разница ($p>0,1$) (Таблица 18).

Таблица 18 – Сравнение групп стандартной ЭКИРХ и аспирационной ЭКИРХ по ключевым клиническим исходам

Оцениваемый исход	ЭКИРХ (n=17)	Аспирационная ЭКИРХ (n=17)	P
Время оперативного пособия, мин	114 (108–120)	83 (78–87)	<0,001
Продолжительность госпитализации, сутки	3 (3—3)	3 (3—3)	0,454
SFR	70,6% (n=12)	94,1% (n=16)	0,175

Частота развития послеоперационных осложнений в группе аспирационной ЭКИРХ была меньше, чем в группе стандартной ЭКИРХ (17,6% против 23,5%), однако данная разница статистически недостоверна ($p>0,1$), вероятно, в связи с небольшой выборкой (Таблица 19).

Таблица 19 – Частота послеоперационных осложнений в группах стандартной ЭКИРХ и аспирационной ЭКИРХ по классификации Clavien-Dindo

	Аспирационная ЭКИРХ		Стандартная ЭКИРХ		P
Степень	Абс.	%	Абс.	%	
I степень					
Легкая гематурия	3	17,6	3	17,6	1
Учащенное мочеиспускание	2	11,8	4	23,5	0,656
Болевой синдром	0	0	1	5,9	0,488*

Продолжение Таблицы 19

II степень					
Подтекание мочи из свищевого хода	0	0	0	0	-
Кровопотеря, требующая гемотрансфузии	0	0	0	0	-
Лихорадка, требующая назначения препаратов	0	0	1	5,9	0,488*
III степень	0	0	0	0	-
IV а степень	0	0	0	0	-
IV б степень	0	0	0	0	-
V степень	0	0	0	0	-
Примечание: * - с учетом отсутствия случаев болевого синдрома и осложнений Clavien-Dindo 2 степени в группе аспирационной ЭКИРХ расчет показателя р производился с поправкой Холдейн-Энскомб					

3.3. Результаты хирургического лечения пациентов в группе билатеральной эндоскопической комбинированной интратенальной хирургии

Распределение пациентов по типу билатерального ЭКИРХ представлено в Таблице 20.

Таблица 20 – Распределение пациентов по типу билатеральной ЭКИРХ

Тип операции	Группа пациентов билатеральной ЭКИРХ (n=12)	
	Абс.	%
ЭКИРХ с одной стороны + ТНЛ с другой стороны	4	33,3
Мини-ПНЛ с одной стороны + ТНЛ с другой стороны	8	66,7

Медиана времени операции в данной группе составила 121,5 мин (Таблица 21).

Таблица 21 – Время операции в группе билатеральной ЭКИРХ

Время оперативного вмешательства, мин	
Медиана времени	121,5
Q1	115
Q3	131

Оценивая показатель SFR в группе билатеральной ЭКИРХ, установлено, что после первой процедуры он составил 83,3% (10 пациентов) (Рисунок 24).

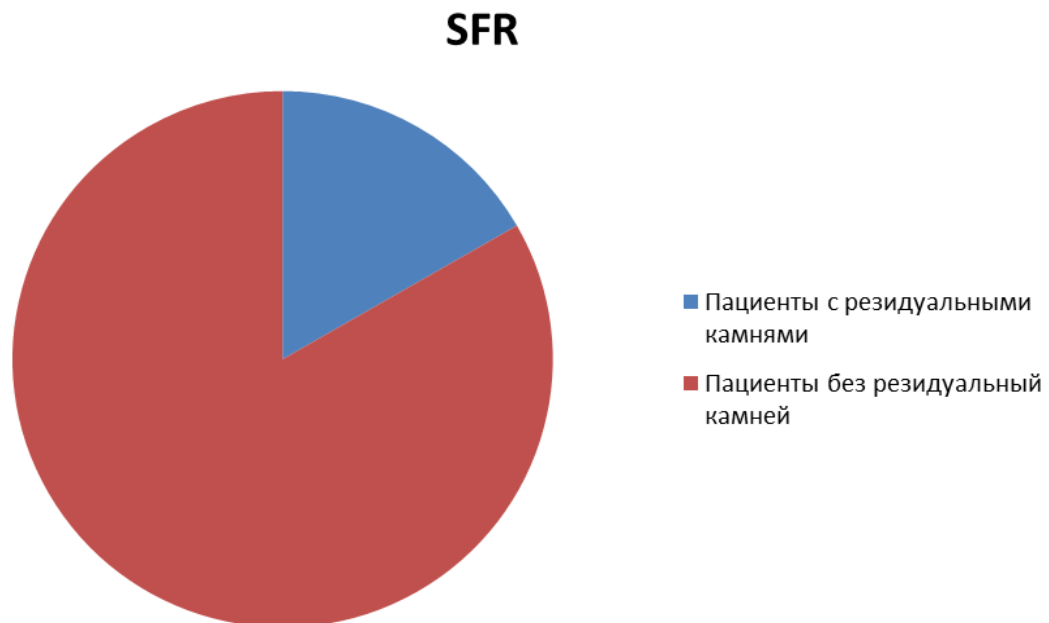


Рисунок 24 – Распределение пациентов в зависимости от показателя SFR

Частота развития послеоперационных осложнений в группе билатеральной ЭКИРХ составила 16,6%. (Таблица 22). Clavien-Dindo 1 степени регистрировали в 16,6% случаях и включали в себя гематурию и болевой синдром.

Таблица 22 – Послеоперационные осложнения в группе билатеральной ЭКИРХ по классификации Clavien-Dindo [14]

Степень	Абс.	%
I степень		
Гематурия	2	16,6
Учащенное мочеиспускание	2	16,6
Болевой синдром	0	0
II степень		
Подтекание мочи из свищевого хода	0	0
Кровопотеря, требующая гемотрансфузии	0	0
Лихорадка, требующая назначение препаратов	0	0
III степень	0	0
IV а степень	0	0
IV б степень	0	0
V степень	0	0

3.4. Результаты хирургического лечения пациентов в группе мульти-перкутанной нефролитотрипсии

В данную группу сравнения включены 69 пациентов со сложными камнями почек в возрасте от 27 до 70 лет (медиана возраста пациентов этой группы составила 56 лет, интерквартильный интервал 47 — 62 года).

Если говорить о количестве перкутанных доступов в данной группе, то следует отметить, что в большинстве случаев (53,6%) было достаточно 2 доступов, в 42%—3 доступов (Таблица 23).

Таблица 23 – Количество перкутанных доступов при мульти-ПНЛ

Показатель	Группа пациентов Мульти-ПНЛ (n=69)
Количество доступов = 1	0
Количество доступов = 2	37 (53,6%)
Количество доступов = 3	29 (42%)
Количество доступов = 4	3 (4,4%)

В итоге медиана времени оперативного вмешательства составила 145 минут с интерквартильным интервалом 134–147 минут (Рисунок 25).

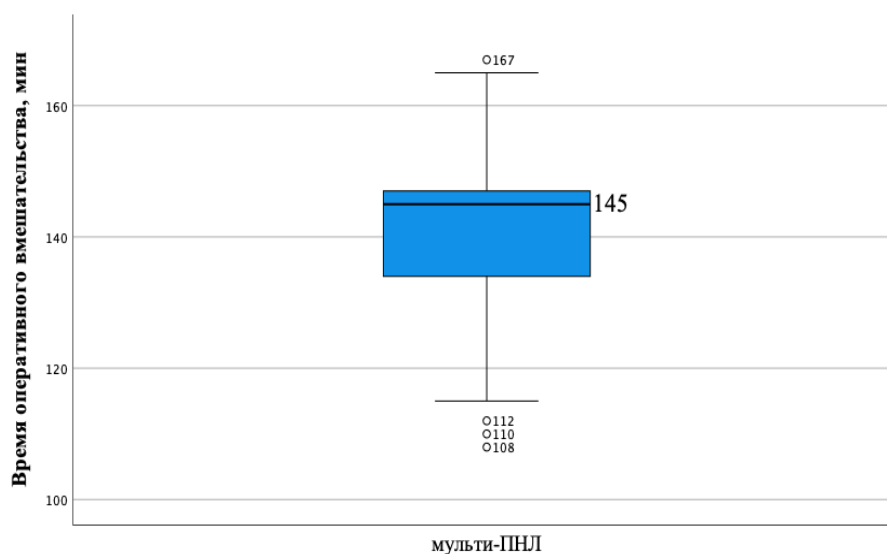


Рисунок 25 – Время оперативного вмешательства в группе мульти-ПНЛ

Медиана срока госпитализации в группе мульти-ПНЛ составила 5 суток (от 5 до 8 суток), большинство пациентов (68%) были выписаны из стационара на 5-е сутки после оперативного вмешательства (Рисунок 26).

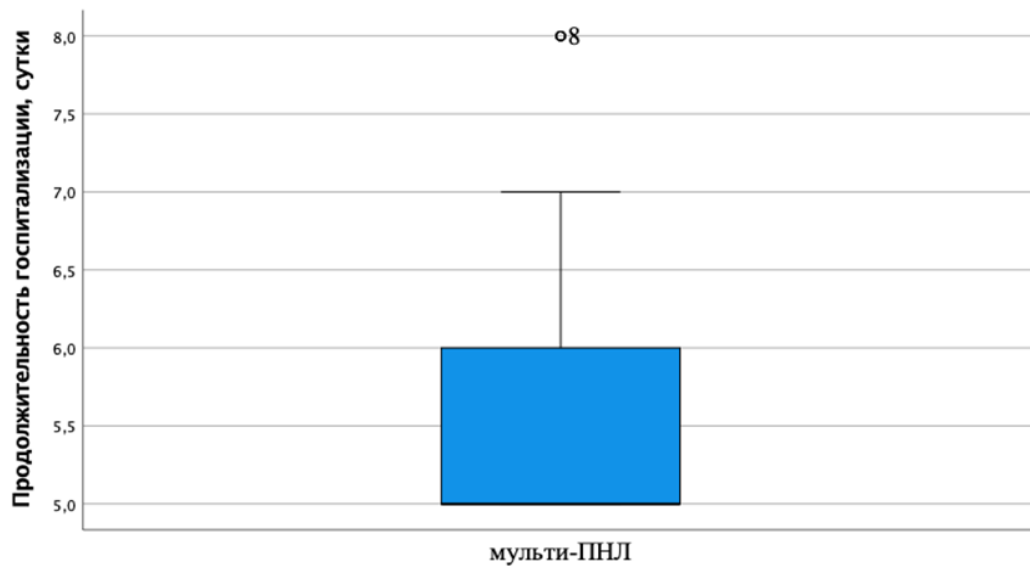


Рисунок 26 – Длительность госпитализации в группе мульти-ПНЛ

Показатель SFR после мульти-ПНЛ составил 69% (47 пациентов) (Рисунок 27).



Рисунок 27 – Процент пациентов с SFR при использовании мульти-ПНЛ

Показатели гемоглобина до операции составили в среднем 14,2 г/дл (1,54), 95%ДИ [13,8: 14,5] г/дл. Показатели гемоглобина после операции составили в

среднем 12,1 г/дл (1,16), 95%ДИ [11,8: 12,9] г/дл. Средний показатель снижения гемоглобина составил 2,06 (0,73) г/дл (Таблица 24).

Таблица 24 – Динамика уровня гемоглобина до и после мульти-ПНЛ, г/дл

Показатель концентрации гемоглобина	До	После
В пределах нормы	67 (97,2%)	54 (78,3%)
Ниже нормы	2 (2,8%)	15 (21,7%)
Среднее арифм.	14,2	12,1
Станд. откл.	1,54	1,16
Min	11,8	10,5
Max	16,6	16,2
ДИ 95%		
Нижний доверительный интервал	13,8	11,8
Верхний доверительный интервал	14,5	12,9
Показатель снижения гемоглобина М (СО) 95% ДИ	2,06 (0,73) 1,86 — 2,21	
Критерий*, p	<0,001	
Примечание: * - Двусторонний Т-критерий Стьюдента для парных выборок		

Частота развития послеоперационных осложнений в данной группе составила 20,3% случаев (Таблица 25). Осложнения 1 степени регистрировали в 20,3% случаях, 2 степени – в 11,6% случаев. У 1 (1,4%) пациента развилась постгеморрагическая анемия, требующая гемотрансфузии и селективной эмболизации сегментарной почечной артерии, что соответствует 3 степени осложнений. Следует отметить, что у данного пациента интраоперационно было создано 4 перкутанных доступа. Также следует отметить, что осложнения 2–3 степени были отмечены в случаях мульти-ПНЛ с 3–4 перкутанными доступами.

Таблица 25 – Послеоперационные осложнения в группе мульти-ПНЛ по классификации Clavien-Dindo

Степень	Абс.	%
I степень		
Гематурия	14	20,3
Учащенное мочеиспускание	0	0
Болевой синдром	10	14,5
II степень		
Подтекание мочи из свищевого хода	2	2,9
Кровопотеря, требующая гемотрансфузии	1	1,4
Лихорадка, требующая назначения препаратов	8	11,6
III степень	1	2,9
IV а степень	0	0
IV б степень	0	0
V степень	0	0

3.5. Сравнительный анализ эффективности и безопасности хирургического лечения пациентов в группах эндоскопической комбинированной интратенальной хирургии и мульти-перкутанной нефролитотрипсии

Анализируя полученные данные, в процессе сравнения основных показателей эффективности и безопасности, в группе ЭКИРХ статистически меньше было время оперативного вмешательства по сравнению с группой мульти-ПНЛ (118 мин против 145 минут) (Таблица 25, Рисунок 28).

Таблица 25 – Продолжительность оперативного вмешательства в сравниваемых группах - ЭКИРХ и мульти-ПНЛ

Продолжительность оперативного вмешательства, мин	ЭКИРХ	мульти-ПНЛ	
Min	98	108	
Max	145	167	
Median	118	145	
Q1	109	134	
Q3	123	147	
Критерий*, p	<0,001		
Примечание: * - U-критерий Манна-Уитни			

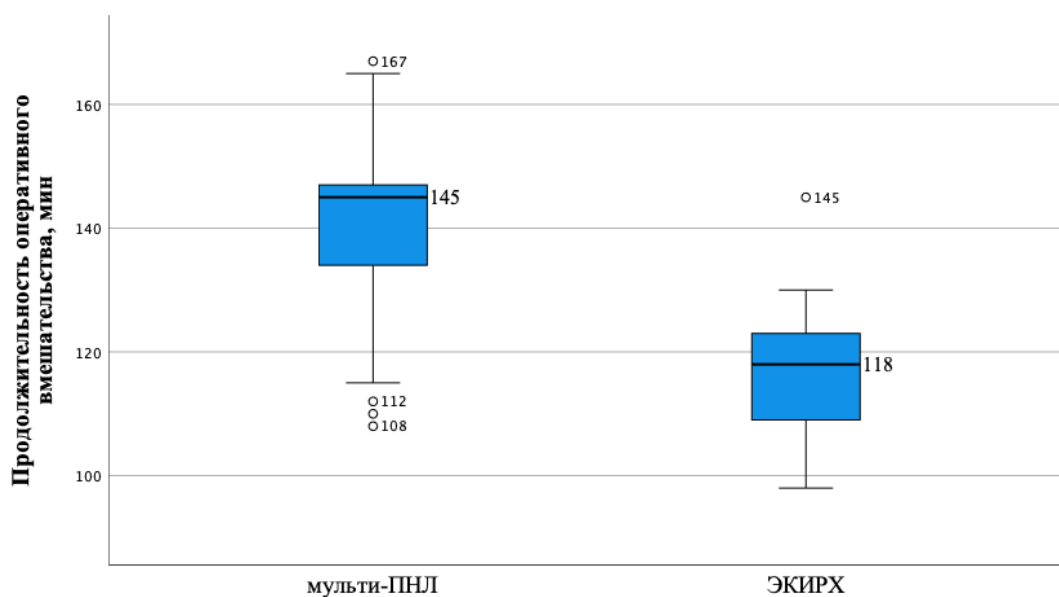


Рисунок 28 – Диапазон продолжительности операции в группах ЭКИРХ и мульти-ПНЛ

В процессе сравнительного анализа сроков госпитализации обеих групп установлено, что в группе ЭКИРХ пациенты были быстрее выписаны из стационаре по сравнению с группой мульти-ПНЛ (медиана времени

госпитализации у пациентов в группе ЭКИРХ - 3 дня, в группе мульти-ПНЛ - 5 дней ($p < 0,001$))(Таблица 26).

Таблица 26 – Срок госпитализации в группах ЭКИРХ и мульти-ПНЛ

Продолжительность госпитализации, сутки	ЭКИРХ	Мульти-ПНЛ	p
Me	3	5	<0,001
Q1	3	5	
Q3	3	6	

Показатель SFR после первого оперативного вмешательства в группе ЭКИРХ был выше, чем после мульти-ПНЛ на 15,8% (84,8% и 69% соответственно) (Рисунок 29). При этом следует отметить, что в группе ЭКИРХ 9 пациентам потребовалось повторное оперативное вмешательство с целью полного избавления от камней, когда как в группе мульти-ПНЛ повторная операция проведена 19 пациентам. SFR после повторной операции в обеих группах был высок, статистической разницы между обеими группами не выявлено (98,4% в группе ЭКИРХ и 95,6% в группе мульти-ПНЛ).

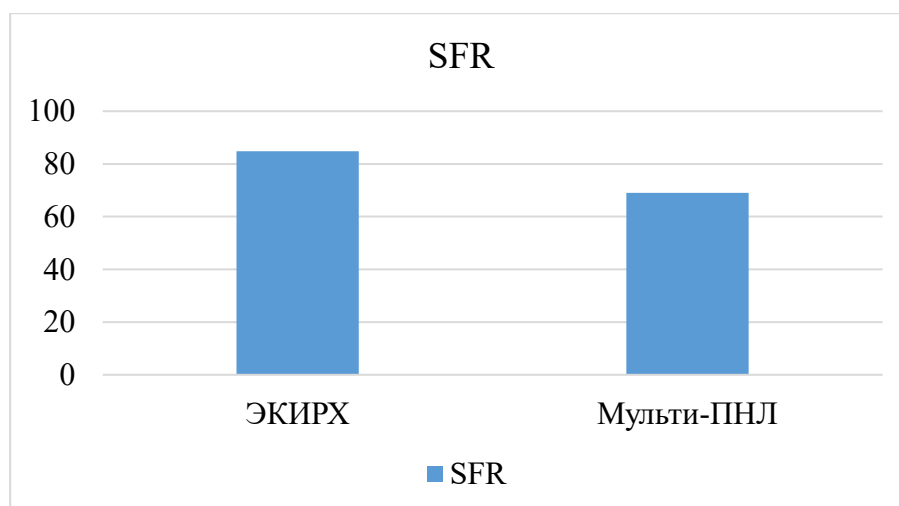


Рисунок 29 – Показатель SFR после первого этапа оперативного вмешательства в группах ЭКИРХ и мульти-ПНЛ

Динамика уровня гемоглобина до и после операции при использовании ЭКИРХ и мульти-ПНЛ приведена в Таблице 27. До операции средний уровень гемоглобина в группе ЭКИРХ составлял 13,8 (1,45) г/дл, в группе мульти-ПНЛ этот показатель был на уровне 14,2 (1,54) г/дл, статистически значимая разница не была достигнута ($p=0,169$).

По итогу оперативного вмешательства уровень гемоглобина составил 13,2 (1,33) г/дл в группе ЭКИРХ и 12,1 (1,16) г/дл в группе мульти-ПНЛ, разница между группами в этом случае статистически достоверна ($p<0,001$) (Таблица 27, Рисунок 30).

Таблица 27 – Динамика уровня гемоглобина до и после оперативного вмешательства в группах ЭКИРХ и мульти-ПНЛ, г/дл

Показатель концентрации гемоглобина		ЭКИРХ	мульти-ПНЛ	p
Исходный гемоглобин, г/дл	М (СО) 95% ДИ	13,8 (1,45) 13,4 — 14,2	14,2 (1,54) 13,8 — 14,5	0,169
Уровень гемоглобина в крови после операции, г/дл	М (СО) 95% ДИ	13,2 (1,33) 12,8 — 13,5	12,1 (1,16) 11,8 — 12,9	<0,001
Снижение уровня гемоглобина (г/л)	М (СО) 95% ДИ	1,02 (0,69) 8,5 — 11,8	2,06 (0,73) 18,6 — 22,1	<0,001

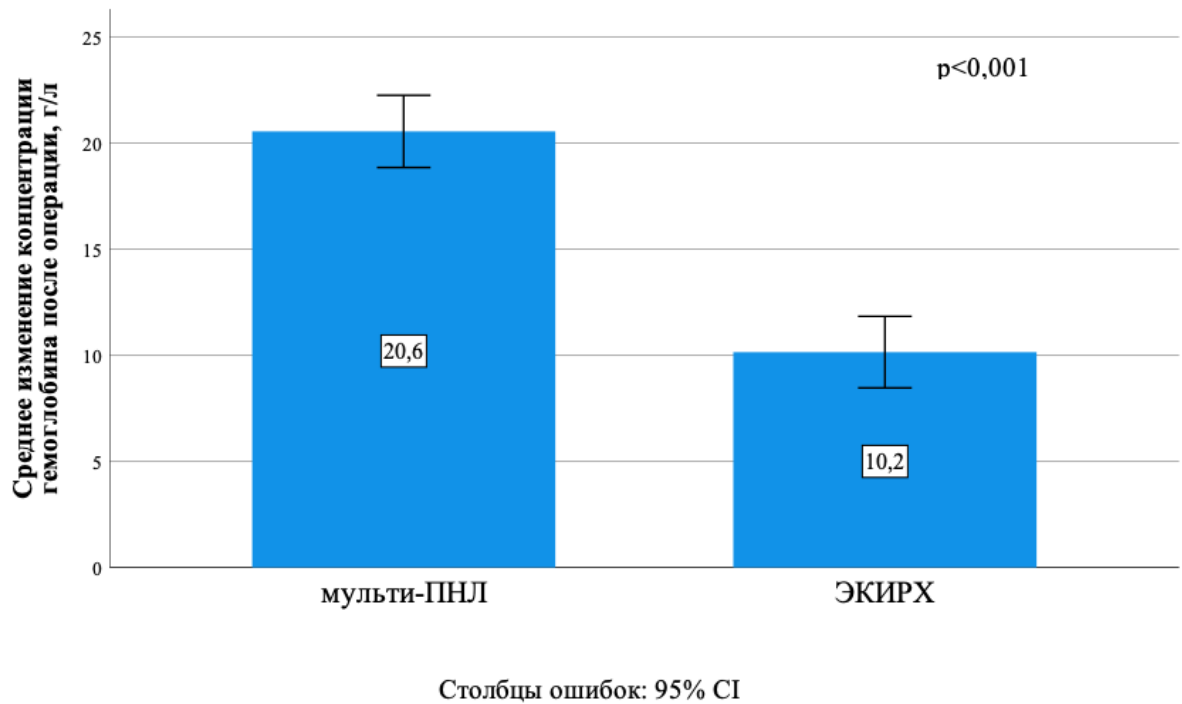


Рисунок 30 – Среднее изменение уровня гемоглобина у пациентов после выполнения ЭКИРХ и мульти-ПНЛ

В процессе сравнительного анализа частоты развития послеоперационных осложнений в обеих группах, установлено, что мульти-ПНЛ сопровождается более частым их развитием, в том числе осложнений 2–3 степени, разница между обеими группами статистически достоверна ($p < 0,01$) (Таблица 28).

Таблица 28 – Послеоперационные осложнения в группах ЭКИРХ и мульти-ПНЛ по классификации Clavien-Dindo

Степень	Группа ЭКИРХ		Группа мульти-ПНЛ	
	Абс.	%	Абс.	%
I степень				
Гематурия	7	10,6	14	20,3
Учащенное мочеиспускание	7	10,6	0	0
Болевой синдром	0	0	10	14,5
II степень				

Продолжение Таблицы 28

Подтекание мочи из свищевого хода	0	0	2	2,9
Кровопотеря, требующая гемотрансфузии	0	0	1	1,4
Высокая температура	4	6,1	8	11,6
III степень	0	0	1	1,4
IV а степень	0	0	0	0
IV б степень	0	0	0	0,0
V степень	0	0	0	0,0

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мочекаменная болезнь до настоящего времени остается одним из наиболее самых распространенных урологических нозологий.

В первой главе данной работы произведен обзор современных методов хирургического лечения пациентов с МКБ, в частности – со сложными формами нефролитиаза. В главе описаны некоторые результаты ЭКИРХ по сравнению с альтернативными методами хирургического лечения, в частности – мульти-ПНЛ. Также в работе расширено представлена аспирационная хирургия МКБ со всеми ее вариациями и этапами развития, обсуждено применение виртуальной реальности в медицинской практике, в том числе и во время оперативных вмешательств.

Согласно приведенному литературному обзору, становится очевидным, что данные инновационные подходы - перспективные направления в современной хирургической практике. Однако, все же имеется недостаточно данных для научного обоснования их безопасности и эффективности.

Цель настоящего исследования по изучению эффективности и безопасности ЭКИРХ по сравнению с мульти-ПНЛ – улучшение качества хирургического лечения пациентов со сложными формами нефролитиаза (множественными, коралловидными и двусторонними камнями почек) путем повышения достижения показателя SFR, снижения частоты послеоперационных осложнений, сокращения времени операции и пребывания пациента в стационаре.

Основным показателем, который применяется в клинической практике для оценки эффективности оперативного вмешательства по удалению камней почек, является показатель SFR, который после чрескожных вмешательств оценивается как отсутствие резидуальных фрагментов размером до 4 мм по данным МСКТ.

Согласно полученным результатам, ЭКИРХ обеспечивает сопоставимый показатель SFR по сравнению с мульти-ПНЛ (84,8% в группе ЭКИРХ и 69% в группе мульти-ПНЛ) по результатам МСКТ на первые сутки после оперативного вмешательства.

В данном исследовании также оценено применение аспирационных кожных (мочеточникового и перкутанного) в ходе ЭКИРХ и проведено сравнение данного вмешательства со стандартной ЭКИРХ на основе псевдорандомизации. При сравнении SFR не было получено статистически значимых различий ($p=0,175$) несмотря на более высокую частоту обнаружения резидуальных конкрементов в группе стандартной ЭКИРХ, что, вероятно, обусловлено малым числом наблюдений (SFR в группе стандартной ЭКИРХ 70,6%, в группе аспирационной ЭКИРХ 94,1%).

Пациентам с двусторонними камнями почек в рамках данного исследования была выполнена билатеральная ЭКИРХ. Частота полного удаления камней в данной группе после первой процедуры была на уровне 83,3% (10 пациентов из 12).

Важным фактором, влияющим на риск развития послеоперационных осложнений, является продолжительность операции. В настоящем исследовании получены следующие результаты: длительность операции статистически достоверно ниже в группе ЭКИРХ по сравнению с мульти-ПНЛ (118 мин против 145 минут). Также следует отметить, что применение аспирационных кожных дополнительно достоверно снижает время оперативного вмешательства (83 мин в группе аспирационной ЭКИРХ против 114 мин в группе стандартной ЭКИРХ).

Длительность госпитализации после хирургического удаления камней почек зависит от сложности и продолжительности операции, уровня кровопотери, количества дренажей и общего состояния пациента. Следует отметить, что в группе ЭКИРХ необходимость в двойном дренировании (мочеточниковый катетер-стент + нефростомический дренаж) была только в 7,6% наблюдений, в остальном большинстве был установлен только мочеточниковый катетер-стент, в отличие от группы сравнения. В ходе исследования выявлено, что ЭКИРХ достоверно требует меньшего времени нахождения в стационаре (3 дня против 5 дней в группе мульти-ПНЛ).

Мульти-ПНЛ напрямую сопряжена с высоким риском кровотечения, причем имеется прямая связь с количеством перкутанных доступов. До операции среднее значение концентрации гемоглобина в группе ЭКИРХ составляло 13,8 (1,45) г/дл,

в группе мульти-ПНЛ этот показатель был на уровне 14,2 (1,54) г/дл, статистически значимая разница не была достигнута ($p=0,169$) [38]. По итоге проведенных операций уровень гемоглобина составил 13,2 (1,33) г/дл в группе ЭКИРХ и 12,1 (1,16) г/дл в группе мульти-ПНЛ, разница оказалась статистически достоверна между группами ($p<0,001$). Среднее изменение гемоглобина составило 20,6 г/л и 10,2 г/л в группах мульти-ПНЛ и ЭКИРХ соответственно, разница между группами статистически достоверна.

Говоря о послеоперационных осложнениях, мульти-ПНЛ сопровождается более частым их развитием, разница между обеими группами статистически достоверна ($p < 0,01$) (10,6% против 20,3% в группах ЭКИРХ и мульти-ПНЛ соответственно). У 1 (1,4%) пациента развилась постгеморрагическая анемия, требующая гемотрансфузии и селективной эмболизации сегментарной почечной артерии. Следует отметить, что у данного пациента интраоперационно было создано 4 перкутанных доступа. Также следует отметить, что осложнения 2-3 степени были отмечены в случаях мульти-ПНЛ с 3-4 перкутанными доступами.

Необходимо отметить, что частота развития послеоперационных осложнений в группе аспирационной ЭКИРХ была меньше, чем в группе стандартной ЭКИРХ (17,6% против 23,5%), однако данная разница статистически недостоверна ($p>0,1$), вероятно, в связи с небольшой выборкой.

Немаловажно отметить, что в ходе данного исследования разработана и апробирована методика смешанной реальности, позволяющая проводить виртуальное планирование операции и навигацию при помощи визуализации трехмерной модели и построения траектории пункционной иглы. Однако, с целью оценки эффективности данной методики необходимо проведение дополнительных исследований.

Таким образом, в данной работе оценена эффективность и безопасность ЭКИРХ при сложных формах нефролитиаза по сравнению с мульти-ПНЛ, модернизирована и усовершенствована ЭКИРХ путем использования аспирационных кожухов, разработана методика виртуального планирования операции. Согласно полученным результатам, можно сделать вывод, что ЭКИРХ

обладает сопоставимым с мульти-ПНЛ показателем SFR, однако обладает меньшим временем операции, сроком госпитализации, количеством послеоперационных осложнений. Применение аспирационных кожухов в ходе ЭКИРХ достоверно снижает время операции, количественно повышает SFR и снижает число послеоперационных осложнений (разница между группами статистически не достоверна в связи с небольшой выборкой).

ЭКИРХ и аспирационная хирургия – это современным этап развития оперативного лечения пациентов со сложными формами нефролитиаза. В результате проведенного обзора литературы и данного исследования следует вывод, что ЭКИРХ – лучшая альтернатива мульти-ПНЛ, а усовершенствование ее путем использования аспирационных кожухов позволяет еще больше снизить время операции и количество осложнений, при этом повышая SFR.

ВЫВОДЫ

1. ЭКИРХ является эффективным и безопасным методом хирургического лечения пациентов со сложными формами нефролитиаза, позволяющим в 84,8% избавить пациентов от камней.
2. ЭКИРХ позволяет выполнить эндоскопически контролируемую транспапиллярную пункцию, что в свою очередь уменьшает вероятность осложнений. Применение аспирационных кожухов (перкутанного и мочеточникового) сокращает время операции и процент послеоперационных осложнений, при этом повышает SFR за счет активного удаления фрагментов конкрементов из ЧЛС.
3. В случае двустороннего нефролитиаза выполнение билатеральной ЭКИРХ позволяет за одну процедуру в 83,3% избавить пациентов от камней.
4. ЭКИРХ по сравнению с мульти-ПНЛ обладает более коротким временем оперативного вмешательства (118 мин и 145 мин соответственно), низким процентом послеоперационных осложнений (10,6% и 20,3% соответственно) и высоким показателем SFR (84,8% и 69% соответственно).
5. В ходе исследования разработана программа смешанной реальности, которая позволяет выполнить виртуальное планирование и интраоперационную навигацию при выполнении ЭКИРХ.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Использование ЭКИРХ рекомендовано для оперативного лечения пациентов с коралловидными и множественными камнями почек как альтернатива мульти-ПНЛ. ЭКИРХ позволяет сократить продолжительность операции, срок пребывания в стационаре и долю послеоперационных осложнений, и при этом обладает высокой эффективностью, сопоставимой с мульти-ПНЛ.

2. В наблюдениях с двусторонним нефролитиазом рекомендовано выполнение билатеральной ЭКИРХ, позволяющей достичь высокого показателя SFR за одну процедуру без увеличения количества осложнений.

3. При ЭКИРХ рекомендовано выполнение эндоскопически контролируемой транспапиллярной пункции с целью снижения послеоперационных осложнений и лучевой нагрузки во время операции. С целью сокращения времени операции и частоты послеоперационных осложнений целесообразно использование аспирационных кожухов в ходе хирургического вмешательства. За счет аспирации ирригационной жидкости снижается внутрилоханочное давление и количество резидуальных фрагментов и мелкодисперсной взвеси от конкрементов.

4. Дальнейшее внедрение в клиническую практику смешанной реальности может позволить выполнить виртуальное планирование оперативного вмешательства и интраоперационную навигацию при пункции ЧЛС.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ВЛД – внутрилоханочное давление

ВМП – верхние мочевые пути

ДИ – доверительный интервал

ДУВЛ – дистанционная ударно-волновая литотрипсия

ИБС – ишемическая болезнь сердца

ИИ – интерквартильный интервал

ИМ – инфаркт миокарда

ИМТ – индекс массы тела

ЛМС – лоханочно-мочеточниковый сегмент

МКБ – мочекаменная болезнь

МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография

Мульти-ПНЛ – мульти-перкутанная нефролитотрипсия

ПНЛ – перкутанная нефролитотрипсия

РКИ – рандомизированное клиническое исследование

Ch – единица шкалы Шаррьера соответствует примерно 0,33 мм диаметра

ССС – сердечно-сосудистая система

ТНЛ – трансуретральная нефролитотрипсия

УЗИ – ультразвуковое исследование

УРС – уретерореноскопия

ЧЛС – чашечно-лоханочная система

ЧПНС – чрескожная пункционная нефростомия

ЭКИРХ – эндоскопическая комбинированная интраренальная хирургия

AR – дополненная реальность

AUA – Американская ассоциация урологов

HU – Hounsfield Unit (единицы Хаунсфилда)

MR – смешанная реальность

SFR (Stone Free Rate) – частота полного освобождения почки от камней

VR – виртуальная реальность

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акопян, Г. Н. Малоинвазивная рентген-эндоскопическая хирургия заболеваний почек и верхних мочевых путей : специальность 14.01.23. «Урология» : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора медицинских наук / Акопян Гагик Нерсесович ; ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). – Москва. – 2017. – С. 47.
2. Амосов, Н. А. Трансуретральные и чрескожные операции в лечении коралловидного нефролитиаза : специальность 14.01.23 «Урология» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Амосов Никита Александрович ; ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). – Москва. – 2017. – С. 22.
3. Аспирационная эндоскопическая комбинированная интратеренальная хирургия при коралловидных камнях почек : [Сборник абстрактов. Материалы XXV Конгресса Российского общества урологов. 11-14 сентября 2025 г.] / Г. Н. Акопян, Т. П. Федорцова, С. А. Яндиев [и др.] – Текст: электронный // Российское общество урологов : сборник абстрактов. – URL: <https://congress-rou.ru/itogi24#arhive>. – Дата публикации: 15.09.2025.
4. Бадтиева, Ф. А. Мочекаменная болезнь / Ф. А. Бадтиева, М. И. Сханова // Научный Лидер. – 2023. – № 54. – Т. 99. – С. 64–67.
5. Белай, С. И. Мочекаменная болезнь: актуальность вопроса и перспективы его развития / С. И. Белай, М. А. Довбыш, И. М. Белай // Вестник Витебского государственного медицинского университета. – 2016. – Т. 5. – № 5. – С. 19–26.
6. Белый, Л. Е. Новые биомаркеры повреждения почек и их использование при малоинвазивном лечении мочекаменной болезни / Л. Е. Белый, В. В. Клочков, А. В. Клочков // Экспериментальная и клиническая урология. – 2023. – Т. 16. – № 2. – С. 67–75.
7. Бережной, А. Г. Прогноз послеоперационного течения мочекаменной болезни / А. Г. Бережной, С. С. Дунаевская, Ю. С. Винник. – Москва : ИНФРА-М, 2022. – 199 с. – ISBN 978-5-16-017604-8.

8. Бережной, А. Г. Современные принципы хирургического лечения мочекаменной болезни / А. Г. Бережной, С. С. Дунаевская // РМЖ. Медицинское обозрение. – 2021. – Т. 5. – № 3. – С. 118–122.

9. Борисов, В. В. Мочекаменная болезнь. Терапия больных камнями почек и мочеточников : учебное пособие / В. В. Борисов, Н. К. Дзеранов. – Москва : Российское общество урологов, 2011. – 88 с.

10. Возможности бездренажного ведения пациентов с неосложненным уретеролитиазом / О. Д. Никитин, Ю. В. Рошин, И. М. Комисаренко [и др.] // Здоровье мужчины. – 2020. – № 4. – Т. 75. – С. 32–38.

11. Выбор метода оперативного лечения больных с камнями почек от 2 до 3 см / Г. Н. Акопян, Х. Х. Давронбеков, Е. В. Шпоть [и др.] // Вопросы урологии и андрологии. – 2023. – Том 11. – № 4. – С. 24-29.

12. Галкина, Н. Г. Мочекаменная болезнь: современные представления об этиологии (обзор) / Н. Г. Галкина, Е. А. Калинина, А. В. Галкин // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2020. – Т. 16. – № 3. – С. 773–779.

13. Гусейнов, М. А. Уретероскопические методы лечения больных с уретеролитиазом / М. А. Гусейнов, А. Г. Мартов, А. С. Андронов // Экспериментальная и клиническая урология. – 2020. – № 1. – С. 58–65.

14. Давронбеков, Х. Х. Выбор метода оперативного лечения больных с камнями почек от 2 до 3 сантиметров : специальность 3.1.13. «Урология и андрология» : диссертация ... кандидата медицинских наук / Давронбеков Хамза Хаёлбекович; Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет). – Москва, 2024. – 113 с.

15. Заболеваемость мочекаменной болезнью в Российской Федерации с 2005 по 2020 гг. / А. Д. Каприн, О. И. Аполихин, А. В. Сивков [и др.] // Экспериментальная и клиническая урология. – 2022. – Т. 15. – № 2. – С. 10–17.

16. Зоркин, С. Н. Дистанционная ударно-волновая литотрипсия в лечении мочекаменной болезни у детей: виды и возможности (обзор литературы) / С. Н. Зоркин, О. Д. Никулин, Д. С. Шахновский // Детская хирургия. – 2022. – Т. 26. – № 6. – С. 321–326.

17. Калинин, Н. Е. Минимизация интраренальных осложнений перкутанной нефролитотрипсии : специальность 3.1.13. «Урология и андрология» : диссертация ... кандидата медицинских наук / Калинин Никита Евгеньевич; Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет). – Москва, 2023. – 119 с.

18. Клинические рекомендации международного альянса мочекаменной болезни по чрескожной нефролитотомии / Г. Цзэн, В. Чжун, Д. Мацзон [и др.] // Вестник урологии. – 2022. – Т. 10. – № 4. – С. 179–200.

19. Клинические рекомендации. Мочекаменная болезнь // Вопросы урологии и андрологии. – 2024. – Т. 12. – № 4. – С. 39-81.

20. Лопаткин, Н. А. Урология : национальное руководство / Н. А. Лопаткин. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 1021 с. – ISBN 978-5-9704-0983-1.

21. Меринов, Д. С. Возможности трансуретральных вмешательств в лечении крупных и коралловидных камней почек / Д. С. Меринов // Урология сегодня. – 2011. – № 1. – Т. 11. – С. 11.

22. Методы хирургического лечения мочекаменной болезни в современной урологической практике / И. В. Зубков, В. Н. Крупин, В. В. Рогачиков [и др.] // Справочник врача общей практики. – 2022. – № 5. – С. 6–14.

23. Мочекаменная болезнь / В. И. Руденко, И. В. Семенякин, В. А. Малхасян [и др.] // Урология. – 2017. – № 2-S2. – С. 30–63.

24. Мочекаменная болезнь. Современные методы диагностики и лечения : руководство / Ю. Г. Аляев, М. А. Газимиев, В. И. Руденко [и др.] ; под ред. Ю. Г. Аляева. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 216 с. – ISBN 978-5-9704-1251-0.

25. Мочекаменная болезнь: этиология и диагностика (обзор литературы) / И. А. Крючков, М. Л. Чехонацкая, А. Н. Россоловский [и др.] // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2017. – Т. 7. – № 2. – С. 517–522.

26. Мухаметнурова, А. Ф. Мочекаменная болезнь / А. Ф. Мухаметнурова, Ю. С. Рязанова, С. Н. Стяжкина // Modern Science. – 2020. – № 4-3. – С. 232–235.

27. Новрузова, А. Минимально инвазивный подход к лечению камней в почках (наши результаты в методе РИРХ) / А. Новрузова // Хирургия. Восточная Европа. – 2018. – Т. 7. – № 2. – С. 214–219.

28. Обзор осложнений перкутанной нефролитотомии и методов их лечения / В. А. Малхасян, И. В. Семенякин, В. Ю. Иванов [и др.] // Урология. – 2018. – № 4. – С. 147–153.

29. Олефир, Ю. В. Малоинвазивные методы лечения сложных форм нефролитиаза : специальность 14.00.40 «Урология» : диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук / Олефир Юрий Витальевич ; ФГУ «7 Центральный военный клинический авиационный госпиталь МО РФ». – Москва, 2008. – 208 с.

30. Осложнения перкутанной нефролитотомии: данные литературы и собственные исследования / Г. Н. Акопян, Ю. Г. Аляев, Л. М. Рапопорт [и др.] // Вопросы урологии и андрологии. – 2017. – Т. 5. – № 3. – С. 28–34.

31. Перкутанная нефролапаксия в лечении пациентов с мочекаменной болезнью / А. Р. Гильмутдинов, Р. М. Матигуллин, Д. Р. Сахаутдинов [и др.] // Медицинский вестник Башкортостана. – 2023. – Т. 18. – № 1 (103). – С. 21–24.

32. Перкутанная нефролитотомия в лечении крупных и коралловидных камней почек / Д. А. Мазуренко, Е. В. Берников, З. А. Кадыров [и др.] // Вестник урологии. – 2015. – № 2. – С. 21–33.

33. Пижевский, М. К. VR в медицине / М. К. Пижевский // Modern Science. – 2020. – № 6-4. – С. 199-202.

34. Пределы использования искусственного интеллекта в государственном управлении и жизнедеятельности человека (обзор работы Международной конференц-сессии «Государственное управление и развитие России: ценности, вызовы, приоритеты». Институт государственной службы и управления Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации) / Л. Я. Абрамчик, И. О. Антропцева, А. П. Арефьев [и др.] // Современное право. – 2026. – № 7. – С. 153-171. – DOI: 10.25799/NI.2026.49.39.032.

35. Применение чрескожной антеградной уретеролитотрипсии при проксимальном уретеролитиазе / Н. И. Холматов, Р. Г. Гусейнов, Е. В. Помешкин [и др.] // Актуальные вопросы медицинской науки. – 2023. – № 1. – С. 348-349.

36. Прогнозирование риска геморрагических осложнений оперативного лечения уrolитиаза / А. Г. Бережной, Ф. А. Севрюков, Ю. С. Винник [и др.] // Урология. – 2020. – № 4. – С. 5–9.

37. Проспективное рандомизированное сравнительное исследование эффективности и безопасности мини-ПНЛ и гибкой УРС при камнях почек / Г. Н. Акопян, Х. Х. Давронбеков, Ф. И. Турсунова [и др.] // Урология. – 2024. – № 4. – С. 11-15. – DOI: 10.18565/urology.2024.4.11-15.

38. Проспективное рандомизированное сравнительное исследование эффективности и безопасности мини-ПНЛ и гибкой УРС с применением аспирационного кожуха при камнях почек от 2 до 3 см : [Сборник абстрактов. Материалы XXIV Конгресса Российского общества урологов. 12-14 сентября 2024 г.] / Г. Н. Акопян, Х. Х. Давронбеков, Е. В. Шпоть [и др.] – Текст: электронный // Российское общество урологов : сборник абстрактов. – URL: <https://congress-rou.ru/itogi24#arhive>. – Дата публикации: 15.09.2024.

39. Проспективное рандомизированное сравнительное исследование эффективности и безопасности эндоскопической комбинированной интратенальной хирургии и мультиперкутанной нефролитотомии при сложных формах нефролитиаза / Г. Н. Акопян, Т. П. Федорцова, С. Х. Али [и др.] // Вопросы урологии и андрологии. – 2025. – Том 13. – № 3. – С. 5-10.

40. Саенко, В. С. Современный взгляд на механизмы образования мочевых камней и принципы общей метафилактики мочекаменной болезни / В. С. Саенко, С. В. Песегов, С. В. Вовденко // Справочник поликлинического врача. – 2018. – № 1. – С. 33–38.

41. Сравнение мини-перкутанной нефролитотомии с супер-мини-перкутанной нефролитотомией: когортное исследование / Г. Н. Акопян, Ф. И. Турсунова, Н. К. Гаджиев [и др.] // Андрология и генитальная хирургия. – 2024. – Том 26. – № 3. – С. 104-111.

42. Сравнительная оценка хирургического лечения камней почек / Ф. П. Капсаргин, Е. В. Дябкин, А. И. Кормилкин [и др.] // Новости хирургии. – 2014. – Т. 22. – № 6. – С. 710–714.

43. Сравнительный анализ дистанционной литотрипсии и перкутанной нефролитотомии почечных камней размерами от 1 до 2 сантиметров / М. И. Коган, А. В. Хасигов, М. А. Хажоков [и др.] // Медицинский вестник Башкортостана. – 2013. – Т. 8. – № 2. – С. 85–87.

44. Тиктинский, О. Л. Мочекаменная болезнь. Серия «Современная медицина» / О. Л. Тиктинский, В. П. Александров. – Санкт –Петербург : Питер, 2000. – 384 с. – ISBN 5-8046-0007-9.

45. Трусов, П. В. Лечение камней почек: стандарты и инновации / П. В. Трусов, А. А. Гусев // Вестник урологии. – 2019. – Т. 7. – № 2. – С. 93–111.

46. Турсунова, Ф. И. Инновации в технике выполнения перкутанной нефролитотомии : специальность 3.1.13. «Урология и андрология» : диссертация ... кандидата медицинских наук / Турсунова Фарзона Исмоилжоновна; Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет). – Москва, 2025. – 114 с.

47. Усмонов, Б. Н. Современная тенденция хирургического лечения уретеролитиаза (обзор литературы) / Б. Н. Усмонов // Наука и инновация. – 2022. – № 4. – С. 81-90.

48. Факторы риска развития осложнения при хирургическом лечении мочекаменной болезни / И. В. Зубков, В. Н. Крупин, В. В. Рогачиков [и др.] // Справочник врача общей практики. – 2022. – № 6. – С. 22–31.

49. Шомченко, С. В. Инновации и достижения в диагностике и лечении мочекаменной болезни (обзор литературы) / С. В. Шомченко, Е. П. Украинец // Урология (Днепр). – 2014. – Т. 18. – № 2(69). – С. 44-57.

50. Эндоскопическая комбинированная интратенальная хирургия при множественных камнях почек : [Сборник абстрактов. Материалы XXV Конгресса Российского общества урологов. 11-14 сентября 2025 г.] / Г. Н. Акопян, Т. П.

Федорцова, С. А. Яндиев [и др.] – Текст: электронный // Российское общество урологов : сборник абстрактов. – URL: <https://congress-rou.ru/itogi24#arhive>. – Дата публикации: 15.09.2025.

51. Эндоскопическая комбинированная интратенальная хирургия с применением аспирационных кожных : [Сборник абстрактов. Материалы XXIV Конгресса Российского общества урологов. 12-14 сентября 2024 г.] / Г. Н. Акопян, Т. П. Федорцова, Х. Х. Давронбеков [и др.] – Текст: электронный // Российское общество урологов : сборник абстрактов. – URL: <https://congress-rou.ru/itogi24#arhive>. – Дата публикации: 15.09.2024.

52. A comparative study of endoscopic combined intrarenal surgery (ECIRS) in the galdakao-modified supine valdivia (GMSV) position and minimally invasive percutaneous nephrolithotomy for complex nephrolithiasis: a retrospective single-center study / F. Zhao, J. Li, L. Tang [et al.] // Urolithiasis. – 2020. – Vol. 49. – P. 161-166.

53. A comparative study of percutaneous nephrolithotomy in supine position and endoscopic combined intrarenal surgery with flexible instrument / I. Nuño de la Rosa, J. L. Palmero, J. Miralles [et al.] // Actas Urológicas Españolas. – 2014. – Vol. 38. – № 1. – P. 14–20.

54. A novel post-percutaneous nephrolithotomy sepsis prediction model using machine learning / R. Shen, S. Ming, W. Qian [et al.] // BMC Urology. – 2024. – Vol. 24. – P. 27.

55. A randomized controlled study to analyze the safety and efficacy of percutaneous nephrolithotripsy and retrograde intrarenal surgery in the management of renal stones more than 2 cm in diameter / P. Bryniarski, A. Paradysz, M. Zyczkowski [et al.] // Journal of Endourology. – 2012. – Vol. 26. – № 1ю – P. 52–57.

56. Ambulatory Minimally Invasive Endoscopic Combined Intrarenal Surgery in Management of Large Impacted Proximal Ureteral Calculi: A Feasibility Study at a Tertiary Referral Center / D. K. Mishra, M. S. Agrawal, M. Shah [et al.] // Journal of Endourology. – 2023. – Vol. 37. – № 3. – P. 251-256.

57. An artificial intelligence-based clinical decision support system for large kidney stone treatment / T. Shabaniyan, H. Parsaei, A. Aminsharifi [et al.] // *Australasian Physical & Engineering Sciences in Medicine*. – 2019. – Vol. 42. – № 3. – P. 771–779.

58. Application of a three-dimensional visualization model in intraoperative guidance of percutaneous nephrolithotomy / L. Wang, Z. Zhao, G. Wang [et al.] // *International Journal of Urology*. – 2022. – Vol. 29. – № 8. – P. 838–844.

59. Application of simulated puncture in percutaneous nephrolithotomy / Y. S. Huang, X. S. Zhu, G. Y. Wan [et al.] // *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*. – 2021. – Vol. 25. – № 1. – P. 190–197.

60. Application of Three-dimensional Visualization Fused with Ultrasound for Percutaneous Renal Puncture / Z. Xu, Z. Li, M. Guo [et al.] // *Scientific Reports*. – 2021. – Vol. 11. – P. 8521.

61. Application of Virtual Reality, Augmented Reality, and Mixed Reality in Endourology and Urolithiasis: An Update by YAU Endourology and Urolithiasis Working Group / B. M. Z. Hameed, S. Somani, E. X. Keller [et al.] // *Frontiers in Surgery*. – 2022. – Vol. 9. – P. 866946.

62. Assessment of Effectiveness and Safety of Aspiration-Assisted Nephrostomic Access Sheaths in PCNL and Intrarenal Pressures Evaluation: A Systematic Review of the Literature / M. Nizzardo, G. Albo, F. Ripa [et al.] // *Journal of Clinical Medicine*. – 2024. – Vol. 13. – № 9. – P. 2558.

63. Augmented reality in medical education? / C. Kamphuis, E. Barsom, M. Schijven [et al.] // *Perspectives on Medical Education*. – 2014. – Vol. 3. – № 4. – P. 300–311.

64. Brehmer, M. Three-dimensional computed tomography planning improves percutaneous stone surgery / M. Brehmer, M. O. Beckman, A. Magnusson // *Scandinavian Journal of Urology*. – 2014. – Vol. 48. – № 3. – P. 316–323.

65. Comparison of mini endoscopic combined intrarenal surgery and multitract minimally invasive percutaneous nephrolithotomy specifically for kidney staghorn stones: a single-centre experience / Z. H. Chen, K. H. Lee, W. H. Tseng [et al.] // *BMC Urology*. – 2022. – Vol. 22. – № 1. – P. 93.

66. Comparison of Percutaneous Nephrolithotomy and Retrograde Intrarenal Surgery in Treating 20–40 mm Renal Stones / G. Atis, M. Culpan, E. S. Pelit [et al.] // Urology Journal. – 2017. – Vol. 14. – № 2. – P. 2995–2999.

67. Comparison of results and morbidity of percutaneous nephrostolithotomy and extracorporeal shock wave lithotripsy / J. E. Lingeman, T. A. Coury, D. M. Newman [et al.] // Journal of Urology. – 2007. – Vol. 138. – № 3. – P. 485–490.

68. Comparison of Safety and Efficacy in Endoscopic Combined Intrarenal Surgery Performed in the Lateral Decubitus and Galdakao-modified Supine Valdivia Positions / I. Otsuka, N. Terada, H. Iwamoto [et al.] // Urology. – 2023. – Vol. 172. – P. 49–54.

69. Comparison of the Conventional PNL with Ecirs in the Treatment of Complete Staghorn Kidney Stones / H. N. G. Goktug, U. Ozturk, S. Cimen [et al.] // Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan. – 2023. – Vol. 33. – № 3. – P. 346–351.

70. Computer-aided diagnosis with a convolutional neural network algorithm for automated detection of urinary tract stones on plain X-ray / M. Kobayashi, J. Ishioka, Y. Matsuoka [et al.] // BMC Urology. – 2021. – Vol. 21. – № 1. – P. 102.

71. Cracco, C. M. ECIRS (Endoscopic Combined Intrarenal Surgery) in the Galdakao-modified supine Valdivia position: a new life for percutaneous surgery? / C. M. Cracco, C. M. Scoffone // World Journal of Urology. – 2011. – Vol. 29. – № 6. – P. 821–827.

72. Cracco, C. M. Endoscopic combined intrarenal surgery (ECIRS) – Tips and tricks to improve outcomes: A systematic review / C. M. Cracco, C. M. Scoffone // Turkish Journal of Urology. – 2020. – Vol. 46. – Supplement. 1. – P. S46.

73. Current role of endoscopic combined intrarenal surgery in the management of renal stones: A scoping review / C. Nedbal, V. Jahrreiss, C. Cerrato [et al.] // Indian Journal of Urology. – 2023. – Vol. 29. – №4. – P. 274–284.

74. Direct In-Scope Suction (DISS) Ureteroscopy: Techniques, Outcomes and Future Directions / P. U. Patel, M. Uy, C. Dauw [et al.] // BJU International. – 2026. – Vol. 137. – Supplement. 3. – P. S19–S28.

75. EAU guidelines on diagnosis and conservative management of urolithiasis / C. Turk, A. Petřík, K. Sarica [et al.] // *European Urology*. – 2016. – Vol. 69. – P. 468–474.
76. Efficacy of Aspiration-Assisted Ureteral Access Sheath (ClearPETRA) in Retrograde Intrarenal Surgery / M. Erkoç, M. Bozkurt, M. A. Sezgin [et al.] // *Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques*. – 2024. – Vol. 34. – № 5. – P. 420–424.
77. Efficacy of retrograde ureteropyeloscopic holmium laser lithotripsy for intrarenal calculi >2 cm / M. J. Bader, C. Gratzke, S. Walther [et al.] // *Urological Research*. – 2010. – Vol. 38. – № 5. – P. 397–402.
78. Endoscopic Combined Intrarenal Surgery for Large Calculi: Simultaneous Use of Flexible Ureteroscopy and Mini-Percutaneous Nephrolithotomy Overcomes the Disadvantages of Percutaneous Nephrolithotomy Monotherapy / S. Hamamoto, T. Yasui, A. Okada [et al.] // *Journal of Endourology*. – 2014. – Vol. 28. – № 1. – P. 28–33.
79. Endoscopic Combined Intrarenal Surgery Versus Percutaneous Nephrolithotomy for Complex Renal Stones: A Systematic Review and Meta-Analysis / Y. H. Liu, H. J. Zhou, M. H. Chou [et al.] // *Journal of Personalized Medicine*. – 2022. – Vol. 12. – № 4. – P. 532.
80. Endoscopic Combined Intrarenal Surgery: best practices and future perspectives / A. B. Pellanda, F. C. M. Torricelli, J. Denstedt [et al.] // *International Brazilian Journal of Urology*. – 2024. – Vol. 50. – № 6. – P. 714.
81. Endoscopic lithotripsy with a SuperPulsed thulium-fiber laser for ureteral stones: A single-center experience / D. Enikeev, V. Grigoryan, I. Fokin [et al.] // *International Journal of Urology*. – 2021. – Vol. 28. – № 3. – P. 261–265.
82. Epidemiology of stone disease across the world / I. Sorokin, C. Mamoulakis, K. Miyazawa [et al.] // *World Journal of Urology*. – 2017. – Vol. 35. – № 9. – P. 1301–1320.
83. Estrade, V. 2022 Recommendations of the AFU Lithiasis Committee: Combined approach for the management of kidney and ureteral stones (Endoscopic Combined IntraRenal Surgery, ECIRS) / V. Estrade, P. Meria, C. Almeras // *Progrès en Urologie*. – 2023. – Vol. 33. – № 14. – P. 871–874.

84. Fayad, A. S. Tubeless mini-percutaneous nephrolithotomy versus retrograde intrarenal surgery for lower calyceal stones of ≤ 2 cm: A prospective randomised controlled study / A. S. Fayad, M. G. Elsheikh, W. Ghoneima // Arab Journal of Urology. – 2016. – Vol. 15. – № 1. – P. 36-41.

85. Global Prevalence of Urolithiasis: A Meta-Analysis Accounting for Methodological Heterogeneity / V. J. Vera-Ponce, N. M. Sanchez-Tamay, J. Ballena-Caicedo [et al.] // Frontiers in Urology. – 2025. – Vol. 5. – P. 1705953.

86. Heers, H. Trends in urological stone disease: A 5-year update of hospital episode statistics / H. Heers, B. W. Turney // BJU International. – 2016. – Vol. 118. – №5. – P. 785–789.

87. Impact of Suction Ureteral Access Sheath in Ureteroscopy/Retrograde Intrarenal Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis / S. Kayano, A. Matsukawa, E. Laukhtina [et al.] // Translational Andrology and Urology. – 2025. – Vol. 14. – № 5. – P. 1315–1326.

88. IntechOpen : official website. Virtual and Augmented Reality in Medical Education [Electronic resource] – URL: – <https://www.intechopen.com/chapters/58199> (дата обращения: 18.07.2025).

89. Intraoperative and postoperative feasibility and safety of total tubeless, tubeless, small-bore tube, and standard percutaneous nephrolithotomy: A systematic review and network meta-analysis of 16 randomized controlled trials / J. Y. Lee, S. U. Jeh, M. D. Kim [et al.] // BMC Urology. – 2017. – Vol. 17. – P. 48.

90. iPad-assisted percutaneous access to the kidney using marker-based navigation: initial clinical experience / J. J. Rassweiler, M. Müller, M. Fangerau [et al.] // European Urology. – 2012. – Vol. 61. – № 3. – P. 628–631.

91. iPad-assisted percutaneous nephrolithotomy (PCNL): a matched pair analysis compared to standard PCNL / M. C. Rassweiler-Seyfried, J. J. Rassweiler, C. Weiss [et al.] // World Journal of Urology. – 2020. – Vol. 38. – № 2. – P. 447–453.

92. Is endoscopic combined intrarenal surgery ready for primetime in endourology? Outcomes from a systematic review and meta-analysis / V. Gauhar, D.

Castellani, C. M. Cracco [et al.] // Central European Journal of Urology. – 2022. – Vol. 75. – № 2. – P. 171.

93. Kim, B. S. Recent advancement or less invasive treatment of percutaneous nephrolithotomy / B. S. Kim // Korean Journal of Urology. – 2015. – Vol. 56. – № 9. – P. 614–623.

94. Kreydin, E. I. Risk Factors for Sepsis after Percutaneous Renal Stone Surgery / E. I. Kreydin, B. H. Eisner // Nature Reviews Urology. – 2013. – Vol. 10. – № 10. – P. 598–605.

95. Krzysztoszek, J. Obesity. An analysis of epidemiological and prognostic research / J. Krzysztoszek, E. Wierzejska, A. Zielinska // Archives of Medical Science. – 2015. – Vol. 11. – № 1. – P. 24–33.

96. Long-term functional outcome of percutaneous nephrolithotomy in solitary kidney / N. A. Tabey, A. R. El-Nahas, I. Eraky [et al.] // Urology. – 2014. – Vol. 83. – P. 1011–1015.

97. Lyon, E. S. Ureteroscopy and ureteropyeloscopy / E. S. Lyon, J. L. Huffman, D. H. Bagley // Urology. – 1984. – Vol. 23. – № 5. – P. 29–36.

98. Mini percutaneous nephrolithotomy versus retrograde flexible ureterorenoscopy in the treatment of renal calculi in anomalous kidneys / H. M. Abdeldaeim, O. El Gebaly, M. Said [et al.] // Archivio Italiano di Urologia e Andrologia. – 2021. – Vol. 93. – № 2. – P. 167–172.

99. Miniaturised percutaneous nephrolithotomy versus flexible ureteropyeloscopy: a systematic review and meta-analysis comparing clinical efficacy and safety profile / N. F. Davis, M. R. Quinlan, C. Poyet [et al.] // World Journal of Urology. – 2018. – Vol. 36. – P. 1127–1138.

100. Minimally invasive percutaneous nephrolithotomy (PCNL): Techniques and outcomes / P. Kallidonis, A. Tsaturyan, M. Lattarulo [et al.] // Turkish Journal of Urology. – 2020. – Vol. 46. Supplement. 1. – P. S58–S63.

101. Minimally invasive percutaneous nephrolithotomy versus endoscopic combined intrarenal surgery with flexible ureteroscope for partial staghorn calculi: A

randomised controlled trial / J. Wen, G. Xu, C. Du [et al.] // International Journal of Surgery. – 2016. – Vol. 28. – P. 22–27.

102. Minimally invasive surgery for pelviureteral junction obstruction in adults: a critical review of the options / R. Manikandan, A. Saad, R. I. Bhatt [et al.] // Urology. – 2005. – Vol. 65. – № 3. – P. 422–432.

103. Mintz, Y. Introduction to artificial intelligence in medicine / Y. Mintz, R. Brodie // Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies. – 2019. – Vol. 28. – № 2. – P. 73–81.

104. Novel Flexible Vacuum-Assisted Ureteral Access Sheath Can Actively Control Intrarenal Pressure and Obtain a Complete Stone-Free Status / Y. Chen, C. Li, L. Gao [et al.] // Journal of Endourology. – 2022. – Vol. 36. – № 9. – P. 1143–1148.

105. Optimizing Outcomes in Flexible Ureteroscopy: A Narrative Review of Suction Techniques / C. Solano, M. Chicaud, S. Kutchukian [et al.] // Journal of Clinical Medicine. – 2023. – Vol. 12. – № 8. – P. 2815.

106. Outcome of percutaneous nephrolithotomy: effect of Body Mass Index / A. M. El-Assmy, A. A. Shokeir, A. R. El-Nahas [et al.] // European Urology. – 2007. – Vol. 52. – № 1. – P. 199–204.

107. Parikh, K. P. Is retrograde intrarenal surgery the game changer in the management of upper tract calculi? A single-center single surgeon experience of 131 cases / K. P. Parikh, R. J. Jain, A. P. Kandarp // Urology Annals. – 2018. – Vol. 10. – № 1. – P. 29–34.

108. Patel, S. R. The Modern History and Evolution of Percutaneous Nephrolithotomy / S. R. Patel, S. Y. Nakada // Journal of Endourology. – 2015. – Vol. 29. – № 2. – P. 153–157.

109. Percutaneous nephrolithotomy for staghorn calculi: Troubleshooting and managing complications / N. Gadzhiev, V. Malkhasyan, G. Akopyan [et al.] // Asian Journal of Urology. – 2020. – Vol. 7. – № 2. – P. 139–148.

110. Percutaneous nephrolithotomy versus retrograde intrarenal surgery: A systematic review and meta-analysis / S. De, R. Autorino, F. J. Kim [et al.] // European Urology. – 2015. – Vol. 67. – P. 125–137.

111. Pérez-Castro Ellendt, E. Transurethral ureteroscopy. A current urological procedure / E. Pérez-Castro Ellendt, J. A. Martínez-Piñeiro // Archivos Españoles de Urología. – 1980. – Vol. 33. – № 5. – P. 445–460.
112. Preclinical comparison of superpulse thulium fiber laser and a holmium:YAG laser for lithotripsy / V. Andreeva, A. Vinarov, I. Yaroslavsky [et al.] // World Journal of Urology. – 2020. – Vol. 38. – № 2. – P. 497–503.
113. Preliminary experience with holmium:YAG laser lithotripsy / J. D. Denstedt, H. Razvi, J. L. Sales [et al.] // Journal of Endourology. – 1995. – Vol. 9. – P. 255–258.
114. Prevalence of kidney stones in the United States / C. D. Scales Jr., A. C. Smith, J. M. Hanley [et al.] // European Urology. – 2012. – Vol. 62. – № 1. – P. 160–165.
115. Ramello, A. Epidemiology of nephrolithiasis / A. Ramello, C. Vitale, M. Marangella // Journal of Nephrology. – 2000. – Vol. 13. – Supplement. 3. – P. S45–S50.
116. Retrograde Intrarenal Surgery for Symptomatic Renal Sinus Cysts: Long-Term Results and Literature Review / V. Mancini, L. Cormio, N. d'Altilia [et al.] // Urologia Internationalis. – 2018. – Vol. 101. – P. 150–155.
117. Shah, K. Superperc: A New Technique in Minimally-Invasive Percutaneous Nephrolithotomy / K. Shah, M. S. Agrawal, D. K. Mishra // Indian Journal of Urology. – 2017. – Vol. 33. – № 1. – P. 48–52.
118. Simultaneous antegrade and retrograde endourological approach in Galdakao-modified supine Valdivia position for the management of missed stents associated with complex renal stones: a non-randomized pilot study / A. M. Tawfeek, M. Elmoazen, A. Saafan [et al.] // International Urology and Nephrology. – 2021. – Vol. 53. – № 2. – P. 211–217.
119. Striving for Better Medical Education: the Simulation Approach / B. E. Sakakushev, B. I. Marinov, P. P. Stefanova [et al.] // Folia Medica (Plovdiv). – 2017. – Vol. 59. – № 2. – P. 123–131.
120. Superpulsed Thulium Fiber Laser for Stone Dusting: In Search of a Perfect Ablation Regimen – A Prospective Single-Center Study / D. Enikeev, M. Taratkin, R. Klimov [et al.] // Journal of Endourology. – 2020. – Vol. 34. – № 11. – P. 1175–1179.

121. Surgical management of urolithiasis – a systematic analysis of available guidelines / V. Zumstein, P. Betschart, D. Abt [et al.] // BMC Urology. – 2018. – Vol. 18. – P. 25.

122. The Clinical Application of New Generation Super-Mini Percutaneous Nephrolithotomy in the Treatment of ≥ 20 mm Renal Stones / C. Cai, Y. Liu, W. Zhong [et al.] // Journal of Endourology. – 2019. – Vol. 33. – № 8. – P. 634–638.

123. The CROES percutaneous nephrolithotomy global study: the influence of Body Mass Index on outcome / A. Fuller, H. Razvi, J. D. Denstedt [et al.] // Journal of Urology. – 2012. – Vol. 188. – № 1. – P. 138–144.

124. The evolution of surgical treatment of urolithiasis: from lithotomy to combined intrarenal technologies / V. V. Rogachkov, I. V. Bogorad, A. V. Kudrtashov [et al.] // Urology & Nephrology Open Access Journal. – 2021. – Vol. 9. – № 2. – P. 36–41.

125. The First 100 Cases of Endoscopic Combined Intrarenal Surgery in Korea: Matched Cohort Analyses versus Shock-Wave Lithotripsy / H. D. Jung, Y. J. Moon, A. J. Almujaalhem [et al.] // Yonsei Medical Journal. – 2022. – Vol. 63. – № 5. – P. 440.

126. The hickman peel-away sheath: Alternative for pediatric percutaneous nephrolithotomy / M. Helal, T. Black, J. Lockhart [et al.] // Journal of Endourology. – 1997. – Vol. 11. – № 3. – P. 171–172.

127. The new digital flexible ureteroscopes: "size does matter" – increased ureteric access sheath use! / C. Bach, S. Nesar, P. Kumar [et al.] // Urologia Internationalis. – 2012. – Vol. 89. – № 4. – P. 408–411.

128. The role of 'artificial intelligence, machine learning, virtual reality, and radiomics' in PCNL: a review of publication trends over the last 30 years / C. Nedbal, C. Cerrato, V. Jahrreiss [et al.] // Therapeutic Advances in Urology. – 2023. – Vol. 15. – P. 17562872231196676.

129. The role of ureteroscopy for treatment of staghorn calculi: A systematic review / E. X. Keller, V. D. Coninck, S. Doizi [et al.] // Asian Journal of Urology. – 2019. – Vol. 7. – № 2. – P. 110.

130. The Safety and Efficacy of Endoscopic Combined Intrarenal Surgery (ECIRS) versus Percutaneous Nephrolithotomy (PCNL): A Systematic Review and Meta-Analysis / V. A. Abdullatif, R. L. Sur, Z. A. Abdullatif [et al.] // *Advances in Urology*. – 2022. – Vol. 2022. – P. 1716554.

131. Thulium-fiber laser for lithotripsy: first clinical experience in percutaneous nephrolithotomy / D. Enikeev, M. Taratkin, R. Klimov [et al.] // *World Journal of Urology*. – 2020. – Vol. 38. – № 12. – P. 3069–3074.

132. Transurethral removal of large ureteral and renal pelvic calculi using ureteroscopic ultrasonic lithotripsy / J. L. Huffman, D. H. Bagley, H. W. Schoenberg [et al.] // *Journal of Urology*. – 1983. – Vol. 130. – № 1. – P. 31–34.

133. Treatment selection for urolithiasis: Percutaneous nephrolithotomy, ureteroscopy, shock wave lithotripsy, and active monitoring / M. Desai, Y. Sun, N. Buchholz [et al.] // *World Journal of Urology*. – 2017. – Vol. 35. – № 9. – P. 1395–1397.

134. Tzelves, L. Suction Use During Endourological Procedures / L. Tzelves, A. Skolarikos // *Current Urology Reports*. – 2020. – Vol. 21. – № 11. – P. 46.

135. Urolithiasis: history, epidemiology, aetiologic factors and management / R. Kachkoul, G. B. Touimi, G. El Mouhri [et al.] // *Malaysian Journal of Pathology*. – 2023. – Vol. 45. – № 3. – P. 333-352.

136. Virtual and Augmented Reality Systems for Renal Interventions: A Systematic Review / F. J. Detmer, J. Hettig, D. Schindele [et al.] // *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*. – 2017. – Vol. 10. – P. 78–94.